ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AVRIL 1917.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉOROLOGIE. — *Influence des canonnades intenses et prolongées sur la chute de la pluie.* Note de M. H. **Deslandres**.

Les premiers artilleurs ont signalé que les longues canonnades des grandes batailles provoquaient souvent la chute de la pluie; et cette dépendance était généralement admise ou présentée comme probable après les guerres de la Révolution et de l'Empire. A l'appui on cite la pluie très forte qui a suivi la bataille de Ligny (16 juin 1815), et qui, en retardant le surlendemain la bataille de Waterloo, a permis l'entrée en ligne des troupes prussiennes. De même à la bataille de Solférino, un orage violent a éclaté à la fin du combat et a favorisé la retraite des Autrichiens. La guerre actuelle offre aussi plusieurs faits du même ordre.

Mais la relation supposée de cause à effet a été niée par plusieurs auteurs, ou ramenée à de simples coïncidences, et la question est en fait toujours pendante. Il faudrait en effet, pour conclure avec certitude, bien connaître, dans chaque cas particulier, les conditions locales et générales de l'atmosphère et ensuite pouvoir rapporter la chute aqueuse à la seule canonnade. Or, le plus souvent, les documents manquent absolument ou ne sont pas réunis aussi complets qu'il est désirable. Cependant l'étude est intéressante et vaut la peine qu'on s'y arrête; et, si je ne l'ai pas entreprise, c'est que le temps et les documents nécessaires m'ont manqué.

Je montrerai seulement dans la Note actuelle que la propriété annoncée par les artilleurs, examinée à la lumière de la Physique moderne, apparaît possible ou même probable, étant appuyée par des découvertes récentes sur la condensation des vapeurs.

Les décharges d'artillerie doivent en effet électriser ou ioniser fortement l'atmosphère; et l'on sait que la vapeur d'eau sursaturée se condense avec une facilité et une rapidité plus grandes, ou, pour préciser, sous une détente plus faible, lorsque l'air est ionisé, et surtout ionisé négativement [1].

Dans le tir des armes à feu, canons et aussi fusils, l'air ambiant est ionisé pour des causes multiples, à savoir :

1° L'air est brassé et déplacé fortement; les molécules gazeuses frottées les unes contre les autres s'électrisent.

2° Le frottement intense des projectiles et de leurs nombreux éclats lancés avec une grande vitesse développe aussi une ionisation sensible de l'air.

3° La terre projetée et émiettée par les explosions dégage dans l'atmosphère l'air occlus entre ses pores, air qui est fortement ionisé.

4° Les gaz incandescents, issus d'une réaction chimique, qui, au départ du coup, sortent du canon et ceux qui, à l'arrivée, sont projetés par l'explosion sont aussi ionisés et fortement, étant en outre souvent riches en petites particules et en vapeur d'eau [2]. Ces gaz brûlants et l'air ordinaire échauffé par eux s'élèvent et se détendent dans les couches supérieures.

Le champ électrique de l'atmosphère agit aussi sur tous ces ions; il attire vers le bas les ions positifs et vers le haut les ions négatifs qui sont les plus efficaces.

Cette ascension des gaz chauds ionisés, qui se détendent et se refroidissent, et aussi l'ascension des ions seuls, peuvent assurément provoquer dans un air déjà humide la condensation de la vapeur d'eau; elle peut également modifier l'état électrique et l'équilibre général des nuages supérieurs déjà formés, et déterminer la transformation de leurs fines particules en gouttes de pluie.

L'action exercée apparaît notable, lorsque, ainsi que dans les combats actuels, les fusils se comptent par centaines de mille, et lorsque les canons se comptent par milliers et tirent sans arrêt pendant plusieurs jours.

---

(1) C.-T.-R. Wilson, *Philosophical Transactions*, t. 193, A, 1899, p. 289.

(2) La poudre noire dégage en brûlant de fines particules solides qui sont projetées avec les gaz chauds. Ces particules ont, comme les ions, la propriété de déterminer la condensation rapide de la vapeur sursaturée.

D'autre part les poudres sans fumée et les explosifs ont en général de la vapeur d'eau parmi les produits de la combustion; cette vapeur s'ajoute à celle qui est déjà contenue dans l'atmosphère.

L'influence des décharges d'artillerie sur la chute de la pluie est donc admissible; mais, d'une manière générale, ces décharges doivent avoir une action moindre que les causes qui, dans le cours ordinaire des choses, produisent les changements de temps. Les grands courants atmosphériques qui nous amènent l'air humide des océans, et les grandes dépressions, productrices de pluies et d'orages, qui se déplacent à la surface du globe, ont toujours le rôle principal. On peut remarquer que la canonnade ne produit aucun effet lorsque l'air est sec; il faut que cet air soit humide et voisin de la saturation. Le canon intervient seulement pour accélérer, pour provoquer immédiatement la chute de la pluie, qui déjà était presque prête à tomber. Sans l'orage d'artillerie survenu à la surface du sol, cette eau aurait pu tomber beaucoup plus tard, ou beaucoup plus loin, ou se diffuser plus encore à l'état de vapeur dans l'atmosphère.

En résumé les considérations qui précèdent ont pour but de montrer l'intérêt de la question et l'utilité d'une recherche expérimentale complète. Une conclusion ferme sera possible seulement lorsqu'on aura mesuré et rapproché avec soin, dans chaque cas particulier, tous les éléments qui interviennent dans le phénomène. En particulier, il sera bon d'enregistrer le degré d'ionisation de l'air, l'intensité et le signe du champ électrique.

MÉTÉOROLOGIE. — *Observations sur la Communication de M. Deslandres*, par M. G. Lemoine.

Je crois que, si les décharges d'artillerie fréquentes et prolongées ont une influence sur les chutes de pluie, ce ne peut être que pour de petites pluies : les pluies très fortes et très prolongées qui causent les inondations ne paraissent pouvoir s'expliquer que par l'action des grands courants atmosphériques.

Cette question se lie à celle de l'artillerie paragrêle dont on a beaucoup parlé avant la guerre. Il est utile de rappeler que des expériences très prolongées et très bien organisées avaient eu lieu à ce sujet dans la haute Italie : le gouvernement italien ne les avait interrompues que parce qu'on n'avait rien pu en conclure en faveur d'une influence positive des tirs d'artillerie.

ENSEIGNEMENT. — *L'Enseignement agricole en France. Améliorations dont il paraît susceptible.* Note de M. **Tisserand.**

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'une Note que j'ai faite sur l'enseignement agricole en France, sur les réformes qu'il appelle et les améliorations dont il paraît susceptible.

Ce travail est en quelque sorte le complément du Rapport approuvé par l'Académie des Sciences sur l'organisation des laboratoires de recherches en agriculture et des stations agronomiques.

Il procède du même ordre d'idées, des mêmes conceptions, du besoin d'intensifier notre production agricole en coordonnant pour l'effort commun à accomplir toutes les activités qui, éparses, sans lien et sans impulsion, ne peuvent donner les résultats possibles et désirables.

Nos institutions d'enseignement doivent concourir au développement du rôle que la Science peut et doit jouer pour accroître la puissance productive de notre sol, de nos plantes et du travail humain.

Un vaste champ est ouvert aux investigations à faire dans les laboratoires, aussi bien dans la culture que dans les fermes, et une tâche énorme est à remplir par le corps enseignant de l'Agriculture pour faire connaître et vulgariser dans le monde agricole les découvertes des savants et des praticiens et montrer les applications fécondes à en faire.

Nous ne tirons pas de nos terres tout ce quelles peuvent donner et à beaucoup près; si en effet nous comparons notre production agricole à celle des contrées voisines où l'instruction scientifique générale et l'instruction professionnelle des cultivateurs se sont le plus développées, on constate par exemple que le rendement de notre culture en blé en temps normal avant la guerre était de $13^q,5$ par hectare, tandis qu'il était de $25^q,70$ en Belgique, de $29^q,60$ en Danemark, et si nous nous reportons en Allemagne, nous y trouvons un rendement de $23^q,6$ par hectare.

La culture des autres céréales, seigle, orge et avoine, accusent sensiblement les mêmes différences :

Pour la production des pommes de terre, nous constatons que les rendements par hectare, en 1913, ont été : en France, de $87^q,64$; en Belgique, de 216^q; en Danemark, de 175^q, et en Allemagne, de 158^q.

En ce qui concerne les effectifs d'animaux entretenus dans les fermes, on trouvait, en 1913, dans les fermes par 100^{ha} cultivés :

En France, 9 chevaux; en Belgique, 13; en Danemark, 21; en Allemagne, presque 13 (12,9).

41 têtes de gros bétail en France, 57 en Allemagne, 95 en Belgique, 96 en Danemark, soit plus du double.

Pour les porcs, les différences sont encore plus élevées; il y en avait, pour 100^{ha} cultivés pendant l'année qui a précédé la guerre, 19 en France, 62 en Allemagne, 70 en Belgique, 76 en Danemark.

Si nos rendements se rapprochaient, même sans les atteindre, des plus faibles de ceux de nos voisins, la production agricole de la France s'accroîtrait, rien que pour les céréales, de plus de deux milliards de francs par an (dont 1200 millions pour le blé seul) que nous payons à l'étranger.

Pour la vigne, par contre, notre production est incomparablement supérieure à celle de n'importe quel autre pays producteur de vin, parce que la viticulture française a toujours eu à sa tête des propriétaires exploitants instruits, toujours attentifs aux progrès, toujours prêts à appliquer les découvertes de la Science et de la pratique, sans en laisser échapper aucune, parce qu'elle a eu une école placée dans un centre scientifique actif, et que son personnel s'est consacré avec une ardeur inlassable à l'étude et à la recherche des problèmes si nombreux de la reconstitution de notre vignoble détruit par le phylloxéra, de la création et de l'adaptation des cépages aux différents sols, des moyens de combattre les fléaux toujours renaissants et nouveaux qui attaquent nos vignes, et des procédés propres à accroître la quantité et la qualité des produits du vignoble national.

Ce qui a été réalisé pour la vigne peut l'être pour les autres cultures, mais il faut le vouloir; il faut que savants et praticiens y consacrent toute leur science, leur savoir, leur expérience et du dévouement.

Nous possédons un cadre complet d'écoles à tous les degrés pour donner l'enseignement scientifique et professionnel agricole. On s'en est contenté jusqu'à présent; mais tout marche, et tout change avec le temps; c'est le propre de toutes les institutions humaines et les meilleures de subir la loi commune; voilà pourquoi passant en revue toutes nos institutions d'enseignement, j'ai relevé les améliorations et les réformes qui ont paru nécessaires.

J'ai insisté sur le point que si l'on veut avoir dans nos écoles de Haut enseignement des hommes de science et dans le pays des professeurs vulgarisateurs de haute valeur, il faut les payer comme on le fait aux États-Unis, en Angleterre et partout, car ce n'est pas avec de la demi-science, de la science au rabais qu'on peut espérer voir nos institutions depuis la plus

haute jusqu'à la plus modeste donner un rendement élevé de bons services.

Il faut d'un autre côté que le personnel enseignant, qui compte plusieurs milliers de professeurs disséminés sur tous les points du territoire, se sente soutenu, appuyé, guidé, tenu en haleine par une haute autorité; de là l'idée de placer, à la tête de tout l'organisme, un Conseil supérieur de l'Enseignement agricole avec une constitution et des attributions analogues à celles que l'Académie a proposées pour la formation d'un Conseil des stations agronomiques.

Ce Conseil serait peu nombreux, 24 membres par exemple, choisis par leurs pairs et élus par les plus grandes autorités scientifiques et agricoles.

J'ai pris la liberté de faire appel à l'Académie des Sciences en demandant que le Conseil supérieur de l'Enseignement agricole comprenne 6 de ses membres désignés par elle.

Le Comité d'agriculture de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a bien voulu approuver les conclusions de ma Note.

J'ai pensé que cette Note serait de nature à intéresser l'Académie à raison du but poursuivi, à savoir : le développement de l'enseignement scientifique de l'Agriculture en vue de l'intensification de notre production agricole pour l'accroissement des ressources industrielles et alimentaires de la France.

M. DE SPARRE fait hommage à l'Académie d'une *Note sur les conditions à remplir au point de vue des coups de bélier par les régulateurs des moteurs hydrauliques*.

M. W. KILIAN fait hommage à l'Académie de deux Mémoires qu'il a publiés en collaboration avec M. P. REBOUL, sous le titre : *La faune de l'Aptien inférieur des environs de Montélimar* (*Drôme*) (*Carrière de l'Homme d'armes*) et *Sur quelques ammonites de l'Hauterivien de la Bégude* (*Basses-Alpes*).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *Ch. Bouchard*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 51,

M. Quénu	obtient	....	22 suffrages
M. Pozzi	»	....	12 »
M. Bazy	»	....	11 »
M. Delorme	»	....	6 »

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Quénu	obtient	....	31 suffrages
M. Pozzi	»	....	14 »
M. Bazy	»	....	5 »

M. **Quénu**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu par M. le Président.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour occuper, dans le *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*, la place vacante par le décès de M. *H. Léauté*.

M. **Serge d'Oldenburg**, Secrétaire perpétuel, adresse les condoléances de l'Académie des Sciences de Petrograd à l'occasion du décès de M. *G. Darboux*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la réduction des formes à indéterminées conjuguées non quadratiques*. Note de M. **Gaston Julia**.

J'envisagerai ici, comme dans une précédente Note [1], des formes binaires à indéterminées conjuguées qui se décomposent en un produit de formes d'Hermite, mais parmi les formes de décomposition seront supposées exister une ou plusieurs formes *indéfinies*. On va voir que les circonstances, moins simples que celles qui caractérisent le cas où toutes les formes de décomposition sont définies, ne sont pas moins dignes d'intérêt.

---

[1] *Comptes rendus*, t. **164**, 1917, p. 571.

Soit la forme (¹) $f = f_1 f_2 \ldots f_\mu f_{\mu+1} \ldots f_n$ $(0 < \mu \leqq n)$; $f_1, \ldots, f_\mu$ sont des formes d'Hermite indéfinies, de déterminants respectifs $-\delta_1, -\delta_2, \ldots, -\delta_\mu$; $f_{\mu+1}, \ldots, f_n$ sont des formes définies de déterminants $\delta_{\mu+1}, \ldots, \delta_n$ (tous les δ_i sont positifs).

Une des formes indéfinies f_i $(i = 1, 2, \ldots, \mu)$ est représentée dans le demi-espace $O\xi\eta\tau(\tau > 0)$ par une demi-sphère σ_i dont le grand cercle γ_i du plan $O\xi\eta$ a pour équation $f_i(z, 1) = 0$ (²). M. Picard a introduit pour la réduction continuelle d'une telle forme f_i, une forme d'Hermite définie φ_i, dont le point représentatif ζ_i est un point variable de σ_i, dont le déterminant est δ_i; une pareille forme est déterminée par la connaissance de ζ_i et dépend par suite du paramètre complexe qui fixe ζ_i.

On associera alors à la forme proposée f, la forme d'Hermite définie

$$\varphi = t_1^2 \varphi_1 + \ldots + t_\mu^2 \varphi_\mu + t_{\mu+1}^2 f_{\mu+1} + \ldots + t_n^2 f_n,$$

les φ_i étant associés aux f_i par le procédé qu'on vient d'indiquer; φ dépend :

1° Des n paramètres réels positifs quelconques $t_1^2, \ldots, t_n^2$;

2° Des μ paramètres complexes qui fixent $\zeta_1, \ldots, \zeta_\mu$, représentatifs de $\varphi_1, \ldots, \varphi_\mu$.

On fera la réduction continuelle de f en faisant varier tous ces paramètres dans leur domaine de variabilité; l'ensemble (S) des substitutions modulaires qui réduisent φ dans ces conditions, donnera, si on l'applique à f, un ensemble de formes (f) équivalentes à f, parmi lesquelles sont à choisir les réduites.

On aura une image tangible de (S) par l'étude du domaine D que décrit ζ, point représentatif de φ, lorsque les paramètres varient. Ce domaine D est d'une nature assez compliquée, quoique définissable parfaitement à l'aide des demi-sphères $\sigma_1, \ldots, \sigma_\mu$, et des points $\zeta_{\mu+1}, \ldots, \zeta_n$, qui réprésentent les f_i.

Pour le définir (³), laissant $\zeta_1, \ldots, \zeta_\mu$ fixes, on fera varier seulement $t_i^2, \ldots, t_n^2$; ζ décrira l'intérieur et la surface du plus petit polyèdre convexe non eucli-

(¹) Dans cette décomposition les f_i sont déterminées respectivement à des facteurs constants près dont le produit est 1 : ceci n'a pas d'importance par la suite.

(²) Voir, par exemple, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 599.

(³) Dans la rédaction détaillée qui suivra ces Notes, je donnerai une représentation du domaine D à l'aide de la représentation projective des formes f_i, qui conduit à des résultats plus intuitifs que la représentation dans le demi-espace $O\xi\eta\tau$.

dien contenant $\zeta_1, \ldots, \zeta_n$. Puis on fera varier $\zeta_1, \ldots, \zeta_\mu$ sur leurs demi-sphères respectives, et D sera le volume balayé par le polyèdre précédent. D est limité par des éléments des trois catégories suivantes :

1° Les demi-sphères $\sigma_1, \ldots, \sigma_\mu$;

2° Des portions de cyclides engendrées par des cercles orthogonaux au plan $O\xi\eta$ qui, ou bien rencontrent deux cercles γ_i, γ_j ($i, j \leqq \mu$) en des points antihomologues, ou passent par un des ζ_i ($i = \mu + 1, \ldots, n$) et rencontrent un des cercles γ;

3° Des portions de sphères orthogonales au plan $O\xi\eta$, tangentes à trois de ces cyclides, déterminées par trois des cercles γ_i.

D est d'ailleurs un volume *convexe* au point de vue non euclidien; on en verra plus loin des exemples simples.

On considérera la fonction $\theta = \frac{\delta^n}{t_1^4 \ldots t_n^4}$, δ étant le déterminant de φ, et l'on cherchera les valeurs des paramètres qui la rendent minima; ces valeurs fourniront la ou les correspondantes φ de f et, en *réduisant une correspondante,* on aura par la même substitution *une réduite de f.* L'équivalence des formes est ramenée à l'identité entre les réduites. Le minimum de θ est par définition *le déterminant de f* et de toutes les formes équivalentes à f. Tous les coefficients d'une réduite sont limités supérieurement en fonction du déterminant, mais pour les derniers coefficients de la réduite, la limite supérieure trouvée comporte en dénominateur le premier coefficient de la réduite.

Si donc on ne considère, parmi les formes du type étudié, *d'un déterminant donné, dont les coefficients sont entiers*, que celles qui *ne peuvent représenter zéro*, elles ne forment certainement qu'un *nombre limité de classes*, car elles *ne peuvent être équivalentes qu'à un nombre limité de réduites*.

Les *formes biquadratiques* donnent un exemple intéressant des circonstances nouvelles qui se présentent : on peut avoir $f = f_1 f_2$, avec f_1 indéfinie et f_2 définie, ou bien f_1 et f_2 indéfinies.

I. Si f_2 est définie, D est une espèce de volume conique non euclidien limité : 1° par σ_1 qui représente f_1; 2° par les demi-droites non euclidiennes qui, joignant ζ_2 à tous les points de γ_1, engendrent une portion de surface cyclide ayant ζ_2 pour point conique. La correspondante de f est représentée par un point ζ qui est le *milieu non euclidien* de la *hauteur non euclidienne* du cône précédent, c'est-à-dire *du segment non euclidien* $\zeta_2 \zeta_1$ *mené par* ζ_2 *orthogonalement au plan non euclidien* σ_1.

II. Si f_1 et f_2 sont indéfinies et représentées par les demi-sphères σ_1 et σ_2 (plan non euclidien), on a plusieurs cas :

1° Si σ_1 et σ_2 ne se coupent pas, par exemple sont extérieurs l'un à l'autre, D est limité par σ_1, σ_2 et la demi-cyclide engendrée par un cercle orthogonal au plan $O\xi\eta$, rencontrant ce plan en un point de γ_1 et un point de γ_2 qui soient inverses par rapport au centre de similitude directe. La correspondante s'obtient en considérant la *droite non euclidienne bien déterminée orthogonale à* σ_1 *et* σ_2 *en* ζ_1 *et* ζ_2, ζ *est le milieu non euclidien du segment non euclidien* $\zeta_1\zeta_2$.

2° Si σ_1 et σ_2 se coupent suivant un demi-cercle Γ, D est limité par deux portions de cyclide définies comme la précédente (1°) à l'aide de γ_1, γ_2 et *des deux centres de similitude* de γ_1 et γ_2; on a un volume qui, en géométrie non euclidienne, est le *solide commun à deux cônes* passant tous deux par γ_1 et γ_2; on peut le construire très simplement dans l'espace $O\xi\eta\tau$. Ce volume contient Γ à son intérieur. Il y a ici une *infinité de correspondantes*, représentées par tous les points de Γ. Donc il y a *en général une infinité de réduites*. Ce cas est l'analogue du cas des formes *quadratiques binaires indéfinies réelles*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la dérivation des fonctions à variation bornée.* Note de M. W.-H. Young.

1. Dans cette Note je me propose d'exposer quelques résultats sur la dérivation des fonctions à variation bornée dont j'ai eu l'occasion de faire usage. Ainsi qu'on le verra, je n'emploie que la dérivation ordinaire, en évitant la notion de dérivation sur un ensemble, et dans les énoncés des théorèmes, et dans les démonstrations. Inutile de souligner l'avantage que donne notre méthode sur celle empruntée à M. Volterra dans les opérations ordinaires de l'analyse.

Je me borne au cas de deux variables; le raisonnement n'en est pas moins général.

2. *Si* $F(x, y)$ *est une fonction à variation bornée de* (x, y), $\frac{\partial F}{\partial x}$ *existe, sauf dans un ensemble de mesure (plane) nulle. Les points exceptionnels* (x, y) *sont dénombrables pour chaque* x, *sauf pour les* x *d'un ensemble* S *de mesure (linéaire) nulle, indépendant de* y.

Il suffit de supposer $F(x, y)$ non décroissante par rapport à x, à y et à (x, y). Pour une ordonnée fixe y quelconque, l'existence de $\frac{\partial F}{\partial x}$ presque partout est connue, d'après la théorie des fonctions non décroissantes d'une seule variable. Soit S_y l'ensemble exceptionnel de valeurs de x.

Désignons par S l'ensemble de tous les x de tous les ensembles S_y correspondant aux valeurs *rationnelles* de y. La mesure de S est nulle. Nous allons démontrer qu'il suffit de faire abstraction de cet ensemble S pour que $\frac{\partial F}{\partial x}$ existe, sauf pour un ensemble dénombrable de y correspondant à chaque valeur de x.

Soient $f_1(x, y)$ et $f_2(x, y)$ les nombres dérivés partiels extrêmes de $F(x, y)$ par rapport à x; ce sont les limites supérieures et inférieures d'indétermination de la suite de fonctions

$$\frac{F(x+h, y) - F(x, y)}{h},$$

fonctions non décroissantes de y; $f_1(x, y)$ et $f_2(x, y)$ sont donc aussi des fonctions non décroissantes de y. Par suite, elles ont des limites uniques à chaque point (x, y) quand, x étant constant, le point variable s'approche de (x, y) par en haut ou par en bas. La valeur du nombre dérivé en question est comprise entre les deux limites correspondantes. Le calcul de ces limites peut évidemment être fait en approchant (x, y) par valeurs *rationnelles* de y.

Or, supposons que x n'appartienne pas à l'ensemble S. Pour chaque valeur *rationnelle* de y, $f_1(x,y) = f_2(x, y)$. Par conséquent, les limites dont nous venons de parler sont identiques, et $f_1(x, y) = f_2(x, y)$, sauf aux points de discontinuité de f_1 et f_2, qui sont dénombrables. Notre théorème est démontré.

3. *Tous les nombres dérivés par rapport à y de tous les nombres dérivés de $F(x, y)$ par rapport à x coïncident, sauf aux points (x, y) d'un ensemble de mesure nulle. C'est-à-dire $\frac{\partial^2 F}{\partial y \partial x}$ existe presque partout.*

Supposons d'abord $F(x, y)$ non décroissante par rapport à x, à y et à (x, y) et prenons un x n'appartenant pas à l'ensemble S (§ 2). Les nombres dérivés extrêmes par rapport à x, $f_1(x, y)$ et $f_2(x, y)$ sont alors non décroissants par rapport à y et auront par suite des dérivées, sauf dans un ensemble de mesure nulle de valeurs de y, déterminé par x. Ajoutons

les points de discontinuité de $f_1(x, y)$ et $f_2(x, y)$, et nous aurons un ensemble E_x de valeurs de y de mesure nulle.

Si y n'appartient pas à E_x, $f_1(x, y)$ et $f_2(x, y)$ seront égaux (n° 2) et chacune de ces fonctions de y possédera une dérivée. Pour calculer ces dérivées, nous pouvons faire tendre le point $(x, y+k)$ vers (x, y), en évitant l'ensemble E_x. De cette façon les expressions dont les dérivées cherchées sont les limites seront identiques; ces dérivées sont donc égales.

Faisons varier x; en tenant compte de l'ensemble S, nous aurons un ensemble exceptionnel E dont la mesure plane est zéro. C'est le résultat voulu, pour le cas des nombres dérivés extrêmes.

Or si $g(x, y)$ est un nombre dérivé quelconque de $F(x, y)$ par rapport à x, il est compris entre $f_1(x,y)$ et $f_2(x, y)$ et leur sera donc égal si le point (x, y) n'appartient pas à l'ensemble E. On aura pour un tel point

$$\frac{f_2(x, y+k)-f_2(x, y)}{k} \leqq \frac{g(x, y+k)-g(x, y)}{k} \leqq \frac{f_1(x, y+k)-f_1(x, y)}{k}.$$

Faisons tendre k vers zéro; il est évident que $g(x, y)$ possède la même dérivée par rapport à y que $f_1(x, y)$ et $f_2(x, y)$, ce qui prouve notre proposition.

Nous avons, jusqu'à présent, supposé $F(x, y)$ non décroissante. Dans le cas général, $F(x, y)$ sera la différence de deux fonctions $F_1(x, y)$ et $F_2(x, y)$ non décroissantes. L'équation

$$\frac{F(x+h, y)-F(x, y)}{h} = \frac{F_1(x+h, y)-F_1(x, y)}{h} - \frac{F_2(x+h, y)-F_2(x, y)}{h}$$

nous permet de définir des nombres dérivés $g_1(x,y)$ et $g_2(x,y)$ de $F_1(x,y)$ et de $F_2(x, y)$ déterminés, comme limites, par des suites de valeurs de h, qui varient avec (x, y), et donnent un nombre dérivé $g(x, y)$ de $F(x, y)$, préalablement choisi. Nous aurons donc

$$g(x, y) = g_1(x, y) - g_2(x, y).$$

En supposant que le point (x, y) n'appartient pas à l'un ou à l'autre des deux ensembles E_1 et E_2 de mesure nulle, nous pouvons dériver le second membre de cette équation par rapport à y, et notre théorème est démontré.

4. Lorsque $F(x, y)$ est une intégrale de Lebesgue, on voit immédiatement que les théorèmes des n°s 2 et 3 prennent la forme suivante :

Si

$$F(x, y) = \int_0^x \int_0^y f(x, y)\, dx\, dy,$$

nous aurons

$$\frac{\partial F}{\partial x} = \int_0^y f(x, y)\, dy,$$

sauf aux points x d'un ensemble de mesure (linéaire) nulle, indépendant de y, et

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x\, \partial y} = \frac{\partial^2 F}{\partial y\, \partial x} = f(x, y),$$

sauf aux points (x, y) d'un ensemble de mesure (plane) nulle (1).

5. *Tous les nombres dérivés partiels du second ordre d'une fonction* $F(x, y)$ *à variation bornée sont sommables par rapport à* (x, y).

D'après le n° 3, il suffit de prendre $F(x, y)$ non décroissante, et de démontrer le théorème pour un nombre dérivé $\varphi(x, y)$ par rapport à y de $f_1(x, y)$. Or $f_1(x, y)$ est sommable par rapport à x et non décroissante par rapport à y. Par suite, $\varphi(x, y)$ est sommable par rapport à y et $\int \varphi(x, y)\, dy \leqq f_1(x, y)$; $\int \varphi(x, y)\, dy$ est donc sommable par rapport à x. Par conséquent, $\varphi(x, y)$, étant $\geqq 0$, est sommable par rapport à (x, y). C'est ce qu'il fallait démontrer.

6. *Pour une fonction* $F(x, y)$ *non décroissante par rapport à* x, *à* y *et à* (x, y), *on démontre de même que*

$$F(x, y) = \int_0^x \int_0^y \frac{\partial^2 F}{\partial x\, \partial y}\, dx\, dy + \int_0^x S_2(x, y)\, dx + S_1(x, y),$$

où S_1 *est une fonction non décroissante par rapport à* x, *à* y *et à* (x, y), *ayant une dérivée nulle par rapport à* x *presque partout, et* S_2 *est une fonction non décroissante par rapport à* y, *ayant une dérivée nulle par rapport à* y *presque partout.*

---

(1) M. Lebesgue m'a signalé que ce résultat a déjà été publié par MM. Fubini et Tonelli dans les *Rend. di Pal.*, t. 40, février 1916, p. 295. Il est intéressant de constater que les méthodes, employées indépendamment par ces auteurs et par moi-même, se ressemblent beaucoup, sans être tout à fait identiques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la sommation des séries ultrasphériques.* Note de M. **Erwand Kogbetliantz**, présentée par M. Appell.

La recherche de la sommabilité (C) de la série ultrasphérique

$$(I) \quad f(x) \sim \frac{2^{2\lambda}\Gamma^2(\lambda)}{2\pi}\sum_0^\infty (n+\lambda)\frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+2\lambda)}\mathcal{P}_n^{(\lambda)}(x)\int_{-1}^{+1}\frac{f(t)\,\mathcal{P}_n^{(\lambda)}(t)}{(1-t^2)^{\frac{1}{2}-\lambda}}dt \qquad (\lambda > 0)$$

se ramène à l'étude des constantes de Lebesgue $\rho_n^{(\delta,\lambda)}$ d'ordre $\delta > 0$ de la série

$$(II) \quad \begin{cases} F(\theta,\varphi) \sim \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\sum_0^\infty (n+\lambda)\iint_S \frac{F(\theta',\varphi')\,\mathcal{P}_n^{(\lambda)}(\cos\omega)\,d\sigma'}{[\sin^2\theta'\sin^2(\varphi-\varphi')]^{\frac{1}{2}-\lambda}} \\ [\cos\omega = \cos\theta\cos\theta' + \sin\theta\sin\theta'\cos(\varphi-\varphi')] \quad (\lambda > 0) \end{cases}$$

qui généralise la série de Laplace $\left(\lambda = \frac{1}{2}\right)$ et se réduit à la série (I) pour

$$F(\theta,\varphi) = f(\cos\theta) \qquad (x = \cos\theta).$$

Or,

$$\rho_n^{(\delta,\lambda)} = \frac{1}{2\pi}\iint_S \frac{|s_n^{(\delta,\lambda)}(\cos\omega)|\,d\sigma'}{[\sin^2\theta'\sin^2(\varphi-\varphi')]^{\frac{1}{2}-\lambda}} = \frac{\Gamma(\lambda)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\lambda\right)}\int_{-1}^{+1}\frac{|s_n^{(\delta,\lambda)}(x)|\,dx}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}-\lambda}},$$

où $s_n^{(\delta,\lambda)}(x)$ est la $n^{\text{ième}}$ moyenne arithmétique d'ordre δ de la série

$$\sum_0^\infty (n+\lambda)\,\mathcal{P}_n^{(\lambda)}(x).$$

La méthode connue, de Darboux, fournit pour $s_n^{(\delta,\lambda)}(x)$ la formule approximative, d'où résulte l'inégalité fondamentale

$$(1) \quad |s_n^{(\delta,\lambda)}(x)| < \frac{C_0}{(n+1)(1-x)^{1+\lambda}} + \frac{C_1(n+1)^{\lambda-\delta}}{(\sqrt{1-x^2})^{\lambda}(\sqrt{1-x})^{1+\delta}} \qquad (\lambda > 0,\ \delta > 0).$$

La même méthode nous donne aussi

$$(2) \quad (2\sin\theta)^{\lambda}\left(2\sin\frac{\theta}{2}\right)^{1+\lambda} s_n^{(\lambda,\lambda)}(\cos\theta) = 2\lambda\sin\left[\left(n+\frac{1+3\lambda}{2}\right)\theta + \lambda\pi\right] + \eta_n^{(\lambda)}(\theta),$$

où

$$|\eta_n^{(\lambda)}(\theta)| < \frac{C_2}{(n+1)\sin\theta};$$

mais il faut recourir à la méthode de Stieltjes pour démontrer l'inégalité

suivante :

(3) $$| s_n^{(2\lambda,\lambda)}(x) | < \frac{C_3}{(1-x)^{\frac{1}{2}+\lambda}}.$$

On a ensuite

(4) $$| s_n^{(\delta,\lambda)}(x) | = \left| \sum_{m=0}^{n} \frac{A_{n-m}^{(\delta)}}{A_n^{(\delta)}} (m+\lambda) \mathfrak{P}_m^{(\lambda)}(x) \right| < C_5(n+1)^{1+2\lambda},$$

puisque

$$(n+\lambda) | \mathfrak{P}_n^{(\lambda)}(x) | < C_4(n+1)^{2\lambda}.$$

Maintenant, à l'aide de (1) et (4), on établit que, pour $\delta > \lambda$,

$$\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\lambda\right)}{\Gamma(\lambda)} \rho_n^{(\delta,\lambda)} = \int_{-1}^{\frac{1}{(n+1)^2}-1} + \int_{\frac{1}{(n+1)^2}-1}^{0} + \int_{0}^{1-\frac{1}{(n+1)^2}} + \int_{1-\frac{1}{(n+1)^2}}^{1};$$

donc

(5) $$\rho_n^{(\delta,\lambda)} < R^{(\lambda)} \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots, \infty;\ \delta > \lambda).$$

Au contraire, pour $\delta = \lambda$, on trouve à l'aide de (2)

(6) $$\lim_{n=\infty} \rho_n^{(\delta,\lambda)} = \infty \qquad (\delta \leqq \lambda);$$

(6) a lieu aussi pour $\delta < \lambda$ puisque l'on a, pour $k > 0$,

$$\rho_n^{(k,\lambda)} \leqq \max_{(0 \leqq m \leqq n)} \rho_m^{(\delta,\lambda)}.$$

On prouve, en se servant de (2), que le développement (I) de la fonction continue

$$f(\cos\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin\left[\left(2^{n^3} + \frac{1+3\lambda}{2}\right)\theta + \lambda\pi\right]$$

n'est pas sommable (C, $\delta = \lambda$) au point $\theta = 0$, mais en s'appuyant sur le résultat (5) et sur les inégalités (1) et (3), on démontre le théorème suivant :

Théorème B [1]. — *La série* (II) *d'une fonction* F(θ, φ), *telle que*

$$[\sin^2\theta \sin^2(\varphi - \varphi_0)]^{\lambda - \frac{1}{2}} | F(\theta, \varphi) |$$

---

[1] Dans notre premier théorème A (*Comptes rendus*, séance du 20 novembre 1916), nous avons démontré que la série (I) est sommable [C, $2 + E(2\lambda)$].

est intégrable sur la sphère S *quelle que soit la constante* φ_0, *est sommable* $(C, \delta = 2\lambda)$ *avec la somme* $F(\theta, \varphi)$ *en tout point de continuité de la fonction développée et même sommable* $(C, \lambda < \delta < 2\lambda)$ *en tout point pour lequel est en outre satisfaite la condition supplémentaire suivante :*

$$(c) \qquad \lim_{n=\infty} \iint_{(\pi-\varepsilon\leq\omega)} \frac{F(\theta', \varphi')\, s_n^{(\delta,\lambda)}(\cos\omega)\, d\sigma'}{[\sin^2\theta' \sin^2(\varphi - \varphi')]^{\frac{1}{2}-\lambda}} = 0;$$

la sommabilité est uniforme dans un domaine qui se trouve à l'intérieur du domaine de continuité de $F(\theta, \varphi)$ *et dans lequel, pour* $\delta < 2\lambda$, *la condition* (*c*) *est remplie uniformément.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sulfates neutres et acides de sodium.* Note [1] de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les documents que nous possédons sur les sulfates neutres et acides de sodium présentent encore certaines obscurités; en particulier, la nature des sels qui peuvent cristalliser des solutions aqueuses de bisulfate de sodium a donné lieu à des controverses prolongées.

Le travail, dont nous donnons ici un résumé très succinct, a été entrepris dans l'espoir d'accorder et de compléter les résultats expérimentaux antérieurs.

Nous avons étudié dans ce but l'équilibre du système ternaire

$$SO^4H^2 - SO^4Na^2 - H^2O$$

dans de larges limites de température ($-45°$ à $+210°$), en cherchant sans cesse à éviter les retards d'équilibre qu'il présente très fréquemment; les résultats sont exprimés dans la figure 1, où l'on a tracé en projection trilinéaire les isothermes de la surface d'équilibre des phases solides et liquides.

Nous avons fait l'étude de neuf nappes de cette surface, correspondant à la coexistence avec un liquide des cristaux suivants (*fig.* 2) :

O....	Glace	IV....	SO^4NaH, H^2O (H)
I.....	SO^4Na^2	V.....	SO^4NaH (B)
II....	$SO^4Na^2, 10H^2O$ (D)	VI....	$SO^4NaH, SO^4H^2, 1,5H^2O$
III...	SO^4Na^2, SO^4NaH (I)	VII...	SO^4NaH, SO^4H^2 (S)

(1) Séance du 10 avril 1917.

Une dernière nappe incomplètement étudiée et correspondant au sulfate neutre à 7 molécules d'eau se placerait un peu au-dessus de la nappe I; quelques points isolés correspondaient à l'équilibre du liquide avec les deux sels

$$2SO^4NaH, SO^4Na^2 \quad \text{et} \quad 2SO^4NaH, SO^4H^2.$$

A l'exception du bisulfate qui fond à 184° et du sel acide $SO^4NaHSO^4H^2$ qui fond vers 105°, tous ces composés se détruisent par échauffement; du

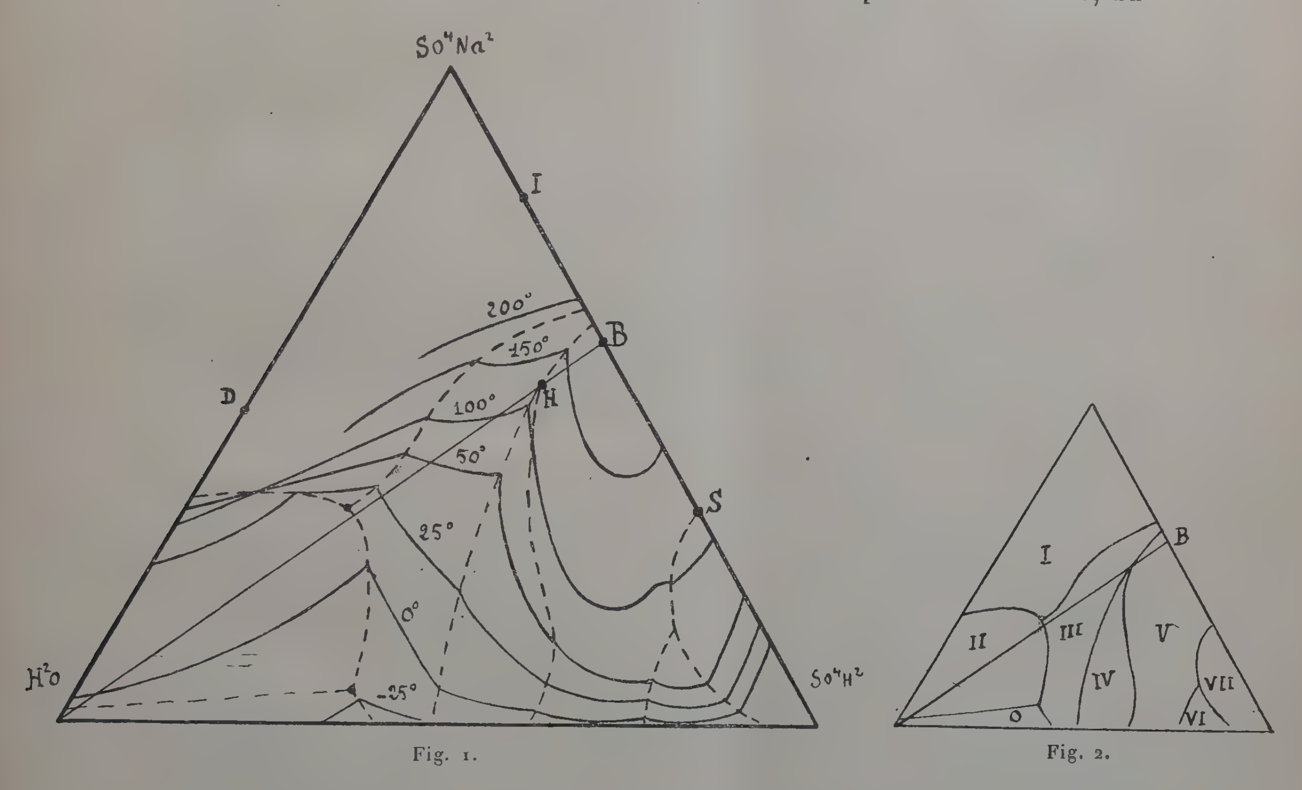


Fig. 1. Fig. 2.

sulfate intermédiaire SO^4NaH, SO^4Na^2, en particulier, il se sépare du sulfate neutre à 179°. Il faut noter enfin qu'aux températures élevées, les sels déposés des solutions concentrées ne sont plus rigoureusement purs; ils contiennent toujours à l'état de solution solide un peu (0 à 4 pour 100) du constituant dont le liquide est plus riche qu'eux.

Notre diagramme, complété par l'étude du refroidissement des mélanges ternaires, fournit de nombreuses indications dont nous retiendrons seulement les deux suivantes :

1° Les bisulfates des fours à acide nitrique, dont l'acidité est supérieure

à 40, 81 pour 100, se solidifient au-dessous de 184°, et donnent d'abord des cristaux de bisulfate; quand on atteint 105° le liquide restant se prend en cristaux du sel SO^4NaH, SO^4H^2.

Ceux dont l'acidité est comprise entre 40,81 pour 100 et 38 pour 100 déposent entre 184° et 174° des cristaux mixtes contenant au plus 4,4 pour 100 de sulfate neutre; à 174° a lieu une prise en masse eutectique formée de ces cristaux mixtes limites et du sel intermédiaire SO^4NaH, SO^4Na^2. Enfin, l'acidité restant comprise entre 36 et 38 pour 100, la cristallisation donne entre 179° et 174° le sulfate intermédiaire et la prise en masse eutectique suit à 174°. Pour un bisulfate de cuisson plus avancée la cristallisation suit la même marche que précédemment, mais dès avant la coulée le produit est rendu boueux par une suspension de sulfate neutre.

2° Les solutions de bisulfate, représentées par les points de la droite joignant B au point figuratif de l'eau, donnent en général par refroidissement un dépôt du sel intermédiaire SO^4NaH, SO^4Na^2; on pourra par exemple, d'une solution à 75 pour 100, saturée aux environs de 100°, retirer après cristallisation un liquide résiduel titrant à peu près 45 pour 100 d'acide sulfurique et ne contenant plus que 10 pour 100 de sulfate neutre. C'est seulement aux basses températures que se déposeront les sulfates neutres hepta ou décahydratés.

On peut donc fonder sur cette remarque un procédé de fabrication d'acide faible assez pur, récupérant près de la moitié de l'acidité du bisulfate; il suffirait de couler ce corps dans l'eau et de laisser cristalliser par refroidissement. Malheureusement, il se produit souvent au début une cristallisation irrégulière de bisulfate hydraté dont la transformation en sel intermédiaire est lente dans un liquide acide. On est donc exposé assez souvent à ne pouvoir dépasser une teneur de 35 pour 100 en acide sulfurique et à laisser en solution jusqu'à 20 ou 25 pour 100 de sulfate neutre comme impureté.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le radical zirconyle* [ZrO].
Note de M. **Ed. Chauvenet**, présentée par M. A. Haller.

Par l'emploi de différentes méthodes chimiques et physico-chimiques, j'ai tenté de donner de nouvelles preuves de l'existence du radical zirconyle [ZrO] dans les combinaisons du zirconium. Voici les résultats que j'ai obtenus.

Je rappelle d'abord qu'en ajoutant de l'éther à une dissolution alcoolique de $ZrOCl^2.8H^2O$ de titre quelconque, on précipite un produit, lequel, desséché à l'air, répond à la composition $Zr^4O^6Cl^4.6H^2O$. Endemann attribuait au composé anhydre correspondant la constitution $[ZrCl^4.3ZrO^2]$; l'hydrate précédent serait donc $[ZrCl^4.3ZrO^2.6H^2O]$. Or $ZrCl^4$ s'hydrolysant très rapidement, j'ai pensé qu'il est inadmissible de concevoir une combinaison du chlorure de zirconium associé avec de l'eau. L'expérience suivante confirme en effet l'exactitude de cette hypothèse : d'une part, l'eau bouillante en excès dissocie $Zr^4O^6Cl^4.6H^2O$ en une partie soluble ($ZrOCl^2$ ou $ZrCl^4$) et en ZrO^2 insoluble; d'autre part, $[ZrCl^4.3ZrO^2.6H^2O]$ contient 51,92 pour 100 de zircone, tandis que $2[ZrOCl^2.ZrO^2.3H^2O]$ n'en renferment que 34,65 pour 100. Or, ayant trouvé expérimentalement un résidu de zircone égal à 33,63 pour 100 du poids de substance projetée dans l'eau [1], il est logique de conclure que la combinaison d'Endemann renferme bien le radical $[ZrO]$.

Je vais montrer que le résultat précédent est en complet accord avec des mesures sur l'hydrolyse du chlorure et du sulfate de zirconium. L'action de l'eau sur $ZrCl^4$ peut donner naissance aux quatre réactions suivantes (si la dissolution est étendue) [2] :

$$ZrCl^4 + H^2O \rightleftharpoons Zr\begin{cases}OH\\Cl^3\end{cases} + HCl,$$

$$ZrCl^4 + 2H^2O \rightleftharpoons Zr\begin{cases}(OH)^2\\Cl^2\end{cases} + 2HCl,$$

$$ZrCl^4 + 3H^2O \rightleftharpoons Zr\begin{cases}(OH^3)\\Cl\end{cases} + 3HCl,$$

$$ZrCl^4 + 4H^2O \rightleftharpoons Zr-(OH)^4 + 4HCl.$$

Chacune des quatre réactions possibles est limitée par un phénomène d'équilibre; cependant, elles se déplacent dans le sens → si l'on neutralise progressivement l'acide chlorhydrique par une dissolution de soude. En apparence, l'addition de soude ne révèle aucune des réactions prévues; on constate seulement que la liqueur reste limpide tant qu'on n'a pas ajouté 4^{mol} de NaOH (quantité nécessaire pour précipiter Zr) et que tout le zirconium est précipité à l'état d'hydroxyde dès qu'on a introduit la quatrième molécule. Dans l'intervalle, les changements de l'une des propriétés du

(1) La quantité d'eau était telle que la combinaison était totalement décomposée; les eaux de lavage du résidu insoluble ne contenaient plus traces de zirconium.

(2) D'autres réactions sont possibles; je les mentionnerai un peu plus bas.

système révéleront les réactions qui se seront effectuées. J'ai donc suivi la neutralisation par des mesures de conductivité; voici les résultats obtenus à 30°,9 :

$ZrCl^4\ \frac{N}{100}$.	$NaOH\ \frac{N}{100}$.	λ.
cm³ 5	0	1445
5	1	1387
5	2	1325
5	4	1197
5	6	1082
5	8	968
5	12	773
5	16	619
5	18	545
5	20	475
5	22	550

Sur le graphique construit avec ces données (les ordonnées étant les conductivités et les proportions de soude) on observe deux points anguleux : l'un correspondant à la réaction n° 2, l'autre à la précipitation totale du zirconium; or la réaction n° 2 donne précisément naissance au dérivé $ZrOCl^2$.

J'ai observé un phénomène semblable avec le sulfate acide de zirconyle $\left[Zr\begin{matrix}\diagup O \\ \diagdown SO^4\end{matrix}, SO^3\right]$: présence sur la courbe d'un point anguleux correspondant à la neutralisation de SO^3. Des expériences en cours sur $ZrOCl^2$ et sur $ZrOBr^2$ m'autorisent déjà à faire connaître qu'une hydrolyse plus profonde succède à la première; très lentement en effet les deux réactions suivantes ont lieu :

$$2\,ZrOCl^2 + H^2O = ZrOCl^2, ZrO^2 + 2\,HCl,$$
$$2\,ZrOBr^2 + H^2O = ZrOBr^2, ZrO^2 + 2\,HBr.$$

J'indiquerai prochainement les résultats de cette étude.

J'ajouterai en outre que le point de congélation de la dissolution possédant la composition suivante :

$$ZrCl^4 + 2\,NaOH = ZrOCl^2 + 2\,NaCl + H^2O$$

est sensiblement le même que celui d'une dissolution de même concentration d'un mélange de $ZrOCl^2 + 2\,NaCl$, soit $-$ 2°,35 pour la première et $-$ 2°,33 pour la deuxième.

Enfin des mesures thermochimiques ont permis de vérifier l'exactitude

des conclusions tirées des expériences précédentes; j'ai évalué les quantités de chaleur dégagées quand on mélange les deux dissolutions de $ZrCl^4$ et de NaOH dans des proportions variables :

$ZrCl^4 \frac{N}{40}$.	$NaOH \frac{N}{40}$.	Q.
5^p	2,25^p	50^{cal}
5	4,5	100
5	8	160
5	10	200
5	12,25	235
5	15	270
5	18	310

L'examen de la courbe construite avec ces données signale un point anguleux correspondant à la réaction

$$ZrCl^4 + 2NaOH = ZrOCl^2 + 2NaCl + H^2O.$$

La concordance parfaite des résultats précédents permet donc de conclure à l'existence du radical [ZrO] dans les combinaisons du zirconium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation, par migration de la double liaison, dans les acides éthyléniques. Acide phénylcrotonique* $\alpha\beta$: $C^6H^5.CH^2.CH = CH.CO^2H$. Note [1] de M. J. **Bougault**, présentée par M. Charles Moureu.

J'ai appelé l'attention des chimistes [2] sur la façon incomplète dont sont traduits généralement les résultats obtenus par Fittig [3] dans l'étude de l'isomérisation des acides éthyléniques, par déplacement de la double liaison, sous l'action des alcalis à l'ébullition. Cette réaction est présentée comme produisant la transformation des acides éthyléniques $\beta\gamma$ en acides éthyléniques $\alpha\beta$, alors qu'en réalité *la réaction est réversible*. Il est vrai que le point d'équilibre est placé, dans la plupart des cas, très près de la transformation totale en acides $\alpha\beta$, ce qui tend à masquer son caractère de

(1) Séance du 16 avril 1917.

(2) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 196, et *Journ. de Pharm. et Chim.*, 7e série, t. 8, 1913, p. 405.

(3) *Liebig's Annalen*, t. 283, 1894, p. 60.

réversibilité. Mais les exemples donnés, dans le Mémoire cité, ne peuvent laisser aucun doute à cet égard.

I. En dehors des cas de réversibilité bien démontrés, les essais d'isomérisation tentés sur l'acide phénylisocrotonique βγ :

$$C^6H^5.CH = CH.CH^2.CO^2H,$$

appelaient particulièrement l'attention. A l'inverse des autres acides éthyléniques βγ, celui-ci ne donne, même après une très longue ébullition avec la soude, que quelques centièmes de l'isomère αβ :

$$C^6H^5.CH^2.CH = CH.CO^2H.$$

Un pareil résultat, dans le cas où l'on admet la réversibilité, devait conduire à la conclusion que cet isomère αβ se transformerait aisément en isomère βγ; la résistance de ce dernier à l'isomérisation signifiant simplement que le point d'équilibre était très près de la transformation totale en isomère βγ.

La vérification de cette hypothèse ne fut pas tentée par Fittig, sans doute à cause de la trop petite quantité d'acide αβ qu'il eut en mains, et aussi parce qu'il manquait de procédé précis pour la séparation des isomères.

J'ai indiqué (1) une méthode qui répond à ce but, méthode basée sur la transformation des acides éthyléniques βγ en lactones iodées insolubles; et j'aurais pu dès lors exécuter cette recherche si j'avais pu me procurer l'acide phénylcrotonique αβ. Mais en raison même de la facile transformation de cet acide en isomère βγ, que nous démontrerons plus loin, la préparation de l'acide αβ par les procédés classiques ne réussit pas; on obtient toujours l'isomère βγ.

Ayant préparé récemment (2) les acides phénylcrotoniques α-iodés

$$C^6H^5.CH^2.CH = CI.CO^2H$$

dans l'action de l'iode et de la soude sur la semicarbazone de l'acide benzylpyruvique, j'ai pensé que je pourrais à partir de ces dérivés iodés obtenir aisément l'acide cherché.

II. La réduction par le zinc et l'acide acétique des acides phénylcroto-

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 14, 1908, p. 145.
(2) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 481.

niques α-iodés se fait très facilement, mais ne conduit pas directement à l'acide attendu. On obtient un acide liquide, alors que l'acide phénylcrotonique αβ est cristallisé et fond à 65°.

Par analogie avec ce que j'ai constaté dans des cas semblables, j'ai pensé que cet acide liquide n'était pas autre chose que le dérivé *allo* correspondant à l'acide cherché. En effet, en le chauffant avec l'acide chlorhydrique dilué, je l'ai converti en acide stable, fondant à 65°.

J'ai alors étudié, avec cet acide, la migration de la liaison éthylénique sous l'action d'alcalis d'énergie différente : lessive de soude, carbonate de soude, pyridine.

Il résulte de mes expériences que l'isomérisation en acide βγ se fait dans tous les cas, et les proportions obtenues justifient ce qu'on pouvait attendre de la résistance à l'isomérisation de l'acide βγ : la réversibilité exigeait en effet que l'isomérisation inverse, de l'acide αβ en acide βγ, fût presque totale; et c'est ce que j'ai constaté.

Pour n'en donner qu'un exemple, je dirai que $0^{g},50$ d'acide phénylcrotonique αβ, chauffés 3 heures au bain-marie bouillant, avec 10^{cm^3} d'eau et 1^{cm^3} de lessive de soude, ont fourni $0^{g},46$ d'acide phénylcrotonique βγ, isolé à l'état de lactone iodée ($0^{g},75$)

$$C^6H^5.CH.CHI.CH^2.CO \quad (\text{O} \text{ relié à } CH \text{ et à } CO)$$

et il restait seulement $0^{g},04$ d'acide initial non transformé.

Cet exemple typique, joint à ceux du Mémoire rappelé plus haut, montre bien le caractère réversible de l'isomérisation des acides éthyléniques βγ en isomères αβ.

III. Mais la règle très simple que traduit l'expression

$$\text{acides éthyléniques } \beta\gamma \rightleftharpoons \text{acides éthyléniques } \alpha\beta$$

ne comprend pas cependant tous les faits connus, se rattachant à l'isomérisation de ces acides.

Riiber [1] a montré que l'acide phénylpenténique βγ

$$C^6H^5.CH^2.CH{=}CH.CH^2.CO^2H$$

se transforme par la soude en isomère γδ. Moi-même [2], j'ai montré que le

(1) *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. 38, 1905, p. 2745.
(2) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 196.

même isomère γδ pouvait résulter aussi de la transformation isomérique de l'acide αβ.

En présence de ces faits, on peut penser que les positions αβ et βγ n'ont par elles-mêmes rien de privilégié et qu'elles tirent leur importance du caractère électronégatif du groupe CO^2H voisin. Et dès lors l'introduction, dans la molécule, de tout groupement à caractère électronégatif, modifiera le régime des déplacements de la double liaison. C'est ce qui se produit dans les exemples des acides phénylpenténiques que je viens de citer, par l'existence du groupe électronégatif C^6H^5; et, d'autre part, l'allure si particulière des acides phénylcrotoniques αβ et βγ doit être attribuée, en partie, à la même cause.

Dans un article très intéressant, auquel je me borne à renvoyer le lecteur (1), M. Charon a développé l'importance du rôle des radicaux électronégatifs dans les réactions d'isomérisation et dans les réactions chimiques en général. Je me range volontiers sur ce point à l'opinion de ce savant, tout en constatant que les modalités de leur action restent encore assez obscures.

CRISTALLOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Essai d'orientation des sels de cholestérine et des oléates liquides anisotropes sur les cristaux*. Note de M. F. **Grandjean**, présentée par M. de Launay.

J'ai essayé deux sels de cholestérine, le caprinate et le benzoate, et deux oléates, ceux d'ammonium et de triméthylammonium, sur des lames de clivage de divers cristaux ou dans des fentes de clivage. Dans presque tous les cas l'axe du liquide s'est disposé normalement au support, comme sur du verre; et si, par endroits, il se plaçait parallèlement à la surface, sa direction était quelconque, sans relation avec le support cristallin. Cependant j'ai rencontré des orientations très nettes, parallèles à la surface, avec la phase liquide positive du caprinate de cholestérine.

Les plus belles plages s'obtiennent entre clivages quand le premier contact a lieu avec le liquide positif. Il faut donc faire fondre le corps, ce qui donne la phase négative, puis refroidir au-dessous de la température τ à laquelle le liquide devient positif, et enfin faire pénétrer le liquide dans la fente de clivage. J'appellerai *orientation* la direction que prend l'axe optique

(1) *Revue générale des Sciences*, t. 15, 1904, p. 447.

du liquide. Avec le sel gemme, sur le clivage $p(001)$, on a deux orientations suivant les diagonales de la face du cube. La blende, sur le clivage $b^1(011)$, ne donne qu'une orientation suivant la macrodiagonale de la face rhombique du dodécaèdre. Le talc, sur le clivage $p(001)$, paraît donner six orientations faisant un angle assez variable, généralement petit, de part et d'autre des stries hexagonales du clivage. Dans mes essais, cet angle a varié de 6° à 14°. Les plages sont striées parallèlement à leur axe optique, comme celles des azoxybenzoate et cinnamate d'éthyle, probablement pour les mêmes raisons [1]. Les stries sont d'autant plus apparentes que l'épaisseur de la fente est plus grande; on ne les voit pas dans les parties les plus minces, au fond des fissures. Même avec le sel gemme, qui donne les meilleures orientations, il est difficile d'avoir des plages qui dépassent le blanc du premier ordre, c'est-à-dire qui dépassent une épaisseur de $1^{\mu},5$ environ.

Les mêmes plages s'obtiennent avec un seul contact, mais l'épaisseur maximum est bien plus réduite. Le meilleur procédé pour les former est de laisser le liquide positif s'étendre par capillarité sur la surface du clivage, autour d'une goutte.

L'observation des plages orientées du caprinate liquide positif montre avec la plus grande netteté que le champ de contact cristallin ne laisse pas subsister la transformation en liquide négatif, à la température τ. Quand on traverse cette température il ne se produit aucune modification dans les plages dont l'épaisseur est suffisamment faible. Pour une épaisseur un peu plus grande, le liquide positif éloigné du contact devient négatif à la température τ et la plage subit une modification brusque qui a presque toujours pour effet de l'orienter normalement aux parois, c'est-à-dire de la rendre noire entre nicols croisés; mais il subsiste des pellicules ayant exactement les contours et les orientations des plages positives disparues. Ces pellicules de contact sont semblables à celles décrites dans une précédente Communication [2]. Dans leur épaisseur le liquide reste positif au delà de τ. Quand la température s'élève de τ à T, température de fusion isotrope du liquide négatif, on voit les pellicules s'affaiblir progressivement et dis-

---

(1) F. Grandjean, *L'orientation des liquides anisotropes sur les cristaux* (*Bull. de la Soc. fr. de Minéralogie*, t. 39, p. 201). On peut affirmer qu'il existe, dans la phase positive du caprinate de cholestérine, des lignes de discontinuité optique qui ont souvent l'apparence des groupes focaux de l'azoxybenzoate ou de l'azoxycinnamate d'éthyle; mais la faible biréfringence rend difficile l'étude de ces lignes et leur identité avec les groupes focaux n'est pas certaine.

(2) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 431.

paraître. Dans les conditions les plus favorables on les voit encore au-dessus de T sans qu'aucun phénomène brusque ne marque cette dernière température. Les pellicules se reproduisent par refroidissement sans modification de leurs contours et de leurs orientations et les plages positives se reforment sur les pellicules, au-dessous de τ, comme d'ordinaire. L'effet du champ de contact cristallin sur le point τ est donc très analogue à celui qu'il exerce sur le point de fusion isotrope d'un grand nombre de liquides positifs.

Le liquide négatif ne m'a jamais donné d'orientation directe sur les cristaux, et ceci ne peut surprendre puisque c'est le liquide positif qui est stable au contact du cristal, au moins lorsqu'il s'agit de plages parallèles à la surface du support. Les plages négatives sont normales au support ou quelconques; mais on peut constater une orientation indirecte, par l'intermédiaire de la phase positive. Les phénomènes observés sont d'ailleurs très complexes et il est difficile de leur donner une explication simple. Néanmoins, on reconnaît très fréquemment que le liquide négatif s'oriente perpendiculairement à sa phase positive [1]. Par exemple, les plages positives normales au support donnent des plages négatives enchevêtrées dont l'ensemble est parallèle au support. Inversement, les plages positives enchevêtrées parallèles à la surface donnent le plus souvent des plages négatives normales aux parois. Dans un cas, avec le phlogopite, pour des plages très minces entre clivage, j'ai observé des pellicules au-dessus de τ, bien que les plages positives dont elles provenaient aient été orientées dans tous les sens parallèlement aux parois. Enfin, avec le sel gemme, on observe très souvent, dans les gouttes très aplaties, des plages qui paraissent mixtes, pour des épaisseurs de 1^{μ} à 2^{μ}. Ces plages, au-dessous de τ et près de cette température, sont formées de liquide positif; elles sont très nettes, à belle extinction. Chauffées, on les voit changer à τ; leur contour devient plus flou, leur biréfringence diminue brusquement; mais elles gardent leur orientation. Elles sont alors formées principalement par le liquide négatif; car, si l'on continue de chauffer, elles disparaissent complètement à T, ou ne laissent subsister qu'une trace à la limite de visibilité. Ces propriétés s'expliquent assez bien si l'on admet une constitution mixte entre τ et T.

---

(1) Cette relation ne définit pas la position qu'aura le nouvel axe optique; mais il est clair que, si l'on admet la symétrie de révolution pour les deux phases, une indétermination de ce genre doit exister à moins que les deux axes optiques ne soient parallèles, et l'expérience montre que cette dernière relation ne peut être admise.

Dans la région capillaire le liquide formerait les pellicules positives habituelles. Plus loin du contact le liquide serait négatif. Il faut alors que l'axe du liquide négatif soit orienté perpendiculairement à celui du liquide positif puisque les sections principales n'ont pas changé. Les plages mixtes ne se reforment pas par refroidissement dans l'intervalle $T\tau$; elles se reforment seulement à τ. Le cycle n'est donc pas réversible.

On trouve tous les intermédiaires entre ces plages relativement épaisses dans lesquelles le liquide négatif joue le principal rôle et les plages positives extrêmement minces qui se forment par capillarité à la surface du minéral.

BOTANIQUE. — *Germination des graines dans les solutions salines.* Note (¹) de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

En étudiant la germination des graines après séjour dans les solutions de divers corps, alcool ou sels, j'ai été amené à constater que les limites de germination peuvent être traduites par une courbe construite avec les durées de séjour pour ordonnées, les concentrations pour abscisses, et dans laquelle il y a trois points qui doivent retenir particulièrement l'attention, trois points critiques :

Un point A correspondant à la solution de dilution zéro ou au corps considéré pur;

Un point B correspondant à la limite de séjour dans les solutions de toutes les concentrations, limite au-dessous de laquelle le pouvoir germinatif est conservé quelle que soit la concentration, et au-dessus de laquelle la germination ne se fait plus, au moins pour une solution;

Un point C correspondant à une concentration telle que, au-dessous, la germination commence dans les solutions elles-mêmes et ne se fait plus au-dessus de cette concentration limite.

Je me suis arrêté au point A pour envisager les avantages qu'il y aurait à le connaître (²).

Jusqu'à présent, le point B n'a pas sollicité particulièrement mon attention; mais le point C s'est dégagé par l'importance que me paraît prendre sa caractéristique. J'ai remarqué d'abord que ce point correspond à une

(¹) Séance du 16 avril 1917.

(²) Pierre Lesage, *Sur les limites de la germination des graines soumises à l'action de solutions diverses* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 826).

concentration qui oscille autour de $0^{mol},40$ pour neuf sels, chlorures, nitrates, sulfates de K, Na, AzH^4 ([1]).

Ensuite en comparant la germination dans les solutions de glycérine et de chlorure de sodium ([2]), puis dans des solutions de chlorure de potassium, de chlorure de sodium et de ferrocyanure de potassium en tenant compte de la dissociation, j'ai été amené à penser que la germination des graines de *Lepidium sativum*, au moins à ses débuts, est sous la dépendance immédiate de la force osmotique des solutions quel que soit le corps dissous ([3]).

Voici les résultats d'autres essais qui ramènent encore à la même notion. Ces essais ont été faits avec des graines appartenant à cinq espèces nouvelles : *Silene gallica*, *Clarkia pulchella*, *Gilia capitata*, *Linum usitatissimum*, *Amarantus caudatus*.

J'ai fait un essai général avec les graines de ces cinq espèces et avec des solutions de chlorure de sodium et de ferrocyanure de potassium, en série assez large et calculée d'après les données acquises dans des essais préalables. Quatre espèces ont accusé leur limite de germination; les graines d'*Amarantus caudatus* n'ayant rien donné, j'en ai fait une série à part. Voici un Tableau qui donne les limites de germination dans les solutions exprimées en fraction de molécule-gramme au litre :

Espèces.	Concentration limites de NaCl.	Concentration limites de K^4FeCy^6.
Silene gallica............	9/48 à 12/48	4/48 à 6/48
Clarkia pulchella........	6/48 à 9/48	4/48 ?
Gilia capitata...........	6/48	4/48 ?
Linum usitatissimum.....	9/48	4/48 ?

Dans la série particulière aux graines d'*Amarantus caudatus*, j'ai employé des solutions des mêmes sels, mais plus diluées et, en outre, des solutions de glycérine et de sucre ordinaire. Le Tableau suivant indique les concentrations limites comme précédemment :

([1]) Pierre Lesage, *Essais des graines de* Lepidium sativum *dans des conditions très diverses* (*Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 486).

([2]) Pierre Lesage, *Germination des graines de* Lepidium sativum *dans les solutions de glycérine et de* NaCl (*Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, 8 décembre 1916).

([3]) Pierre Lesage, *Germination des graines de* Lepidium sativum *dans les solutions d'électrolytes* (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 119).

Pour la glycérine..............	vers 9/48
Pour le sucre..................	vers 9/48
Pour le chlorure de sodium......	entre 3/48 et 6/48
Pour le ferrocyanure de potassium.	entre 2/48 et 4/48

Bien que ces résultats ne soient pas rigoureux, l'approximation me paraît suffisante, si l'on tient compte de la dissociation du NaCl en 2 ions, du K^4FeCy^6 en 5 ions, de la non-dissociation de la glycérine et du sucre, pour ramener à cette notion que, là encore, les débuts de la germination sont sous la dépendance immédiate de la force osmotique des solutions, notion qui peut paraître vraisemblable *a priori*, d'ailleurs, mais qu'il est peut-être utile de mettre en relief expérimentalement.

Je pense pouvoir réunir des observations nouvelles assez nombreuses pour discuter l'ensemble et en tirer quelques conséquences intéressantes à plusieurs égards.

BOTANIQUE. — *Influence des sels de calcium sur les poils absorbants des racines.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les poils absorbants des racines sont tellement intriqués dans le sol et collés à ses particules qu'il est très difficile de les isoler et, pratiquement, presque impossible de comparer leur plus ou moins grand développement suivant les conditions du milieu. Si, comme on pense de suite à le faire, on cherche à obtenir des cultures en milieux liquides, on s'aperçoit bien vite que, chez les plantes normalement terrestres [1], mises dans ces conditions, les poils absorbants ne se forment pas et que, par suite, on ne peut étudier leurs modifications, en raison, par exemple, de la composition chimique.

Quelques espèces, cependant, échappent à cette règle et parmi elles se signale particulièrement le *Lepidium sativum*, bien connu sous le nom de Cresson alénois. C'est ce qui m'a engagé à prendre cette plante pour sujet

---

[1] Les plantes terrestres donnent des poils absorbants, non seulement dans la terre, mais aussi dans l'air humide; ces derniers, malheureusement, plongés dans un liquide, arrêtent presque toujours leur croissance et, bien souvent, éclatent à l'extrémité. Quant aux plantes normalement aquatiques, elles donnent bien des poils en milieu liquide, mais, au point de vue qui nous occupe ici (influence du sol), elles ne peuvent guère être utilisées; il semble, cependant, qu'il y aurait à en faire l'étude, par exemple chez l'*Elodea canadensis*, qu'il est facile d'élever en aquarium et où ils atteignent de grandes dimensions.

d'études et à chercher, en particulier, quelle influence les sels de calcium, si importants en géographie botanique, peuvent avoir sur la luxuriance de la toison absorbante de ses racines.

Les germinations faites dans l'eau de source distribuée à Paris, eau qui, au point de vue des végétaux, est une solution nutritive extrêmement diluée, donnent des racines abondamment couvertes de poils absorbants, lesquels atteignent de $2^{mm},5$ à 3^{mm} de longueur. Or, en ajoutant divers sels de calcium à cette eau, voici ce qu'on observe :

1° *Sulfate de calcium* à saturation : germinations semblables à celles obtenues dans l'eau de source seule, avec des poils de $2^{mm},5$ à 3^{mm}.

2° *Carbonate de calcium* en grand excès, de manière à permettre à l'eau de s'en saturer au fur et à mesure que les racines, émettant du gaz carbonique, lui permettent de se dissoudre : germinations normales, quant à l'axe hypocotylé et aux cotylédons, mais où les racines sont beaucoup plus longues (10^{cm} à 12^{cm}) que dans l'eau de source pure (4^{cm} à 5^{cm}) et portant des poils d'au plus $\frac{1}{3}$ de millimètre, c'est-à-dire présentant exactement le même aspect que dans l'eau redistillée (1), par conséquent dépourvue de tout composé nutritif ou toxique.

3° *Nitrate de calcium :* à 2 pour 100, germinations tuées dès leur sortie de la graine ;

A 1,5 pour 100, germinations montrant seulement la gemmule, la racine ne présentant aucun développement;

A 1 pour 100, germinations d'apparence normale, mais avec des poils absorbants de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ millimètre de longueur environ ;

A $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, ..., pour 100, germinations identiques à celles de l'eau de source pure, avec poils de $2^{mm},5$ à 3^{mm}.

4° *Chlorure de calcium :* à 4 pour 100, graines tuées immédiatement ;

A 2 pour 100, pas de racines, gemmules d'un développement médiocre ;

A 1 pour 100, gemmules bien développées; racines avec poils absorbants de 80^{μ} (en majorité) à 200^{μ} (en minorité).

A $\frac{1}{2}$ pour 100, gemmules normales; racines avec poils absorbants de 300^{μ} à 600^{μ}.

A $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, ..., pour 100, germinations identiques à celles de l'eau de source pure, avec poils de 2^{mm} à 3^{mm}.

De cet ensemble de constatations il résulte que le *calcium sous certaines formes* (carbonate, nitrate, chlorure) *et dans des proportions déterminées, peut entraver le libre développement des poils radicaux;* ce n'est qu'excep-

(1) Il s'agit de l'eau distillée du commerce, laquelle est plus ou moins toxique par les traces de cuivre qu'elle contient, ainsi que je l'ai montré autrefois (*Ass. fr. pour l'av. des Sc.*, 1900), et redistillée dans un appareil entièrement en verre.

tionnellement qu'il s'est montré indifférent (sulfate) à l'égard de ces derniers.

Si l'on suppose, ce qui est assez légitime, que les choses se passent de la même façon dans le sol, on comprend comment le calcium, quoique très peu toxique par lui-même, peut, néanmoins, être jusqu'à un certain point nuisible aux plantes, ou du moins à certaines plantes, en diminuant très sensiblement la longueur des poils absorbants et en ne leur permettant pas, en particulier, de s'insinuer aussi facilement et aussi loin entre les particules du sol et, par suite, nuire à la bonne absorption (1) des sucs nutritifs de la terre.

Il est également permis de se demander, bien que dans l'état actuel on ne puisse le vérifier, si cette influence modérément nocive du calcium sur les poils radicaux ne varie pas avec les espèces, suivant qu'elles sont *calcifuges*, *calcicoles* ou *indifférentes* au calcaire, et si ce n'est pas peut-être là une des raisons pour lesquelles les premières ne poussent pas, ou poussent mal, ou ne végètent que dans certaines conditions, dans un sol calcaire; que les secondes, au contraire, y prospèrent bien et que les troisièmes, enfin, ne sont pas influencées par la présence ou l'absence (toujours relative) du carbonate de calcium. En tout cas, si l'influence du calcium sur les poils absorbants n'est pas un facteur décisif dans la question que je viens de rappeler, il n'est pas cependant, semble-t-il, à laisser de côté.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude de la fixation du cytoplasme.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que les cellules épidermiques des pétales de la fleur de Tulipe sont un des objets les plus favorables pour l'étude vitale du chondriome. Nous nous proposons aujourd'hui d'entreprendre dans ces cellules un examen comparatif des aspects du cytoplasme à l'état vivant et après fixation afin d'y déterminer d'une manière précise l'action des fixateurs sur le cytoplasme.

A la vérité des études analogues ont déjà été faites par divers auteurs (Flemming, Henneguy, A. Fischer, Mayer et Schæffer, Fauré-Frémiet). Regaud a déterminé l'action des fixateurs sur le chondriome de la cellule

---

(1) Voir, à ce propos : Mlle Th. Robert, *Recherches sur le rôle physiologique du calcium chez les végétaux* (Thèse Fac. sc.); Paris, 1915.

animale, mais sans prendre comme critérium la cellule vivante. La cellule animale se prête mal à des observations de ce genre. Lewitsky et Rudolph, utilisant des cellules végétales (méristèmes de la tige d'*Elodea canadensis* et d'*Asparagus officinalis*), ont pu établir une comparaison assez précise entre le cytoplasme vivant et le cytoplasme fixé, mais les cellules qui leur ont servi pour cette étude étaient infiniment moins favorables que les cellules épidermiques de la fleur de Tulipe; les résultats de ces deux auteurs sont d'ailleurs sur plus d'un point en contradiction.

Pour nos recherches, nous avons d'abord observé les premières phases de l'action des fixateurs sous le microscope, en montant des fragments d'épiderme dans une goutte de fixateur. En même temps des pièces, après avoir été fixées par le même fixateur, étaient colorées sur coupes à la paraffine. Comme les coupes à la paraffine ont l'inconvénient de contracter assez fortement ces cellules épidermiques très délicates, ce qui gêne l'observation surtout lorsque la fixation est défectueuse, nous avons, dans une troisième série d'expériences, fixé des fragments d'épiderme étalés sur des bouchons de liège au moyen d'épingles. Une portion de cet épiderme était ensuite examinée au microscope dans une goutte d'eau après la fixation, l'autre était colorée directement par l'hématoxyline ou par la fuchsine acide.

Les résultats de cette étude montrent que, au point de vue de leur action sur le cytoplasme et le chondriome, il y a lieu de grouper les fixateurs en trois catégories :

1° Les uns (alcool, liquides de Bouin, Lenhosiek; Pereniy, Zenker, Mann, Carnoy) bouleversent entièrement la structure du cytoplasme en détruisant les mitochondries. En général, l'action des fixateurs se fait sentir très rapidement et peut être observée sous le microscope. Elle consiste le plus souvent en l'anastomose des chondriocontes qui se relient les uns aux autres en une sorte de réseau, puis en la formation, sur la trame de ce réseau, de vésicules analogues à celles que nous avons signalées dans les altérations du chondriome sous l'influence d'un trouble dans l'équilibre osmotique. Ces vésicules finissent souvent par prendre un contour irrégulier et un aspect granuleux.

Plus rarement (liquide de Bouin) les chondriocontes se résolvent en une infinité de petites granulations. En même temps que ces altérations se produisent, le cytoplasme est le siège de phénomènes de contractions et de coagulations plus difficiles à préciser. Après coloration, les résidus du chondriome (réticules, fines granulations) correspondent aux parties les plus colorées du cytoplasme.

2° Les seconds (solutions aqueuses concentrées d'acide picrique, de bichlorure de mercure, formol, liquide de Flemming fort) respectent davantage le chondriome tout en l'altérant d'une manière sensible; l'altération consiste généralement en un ratatinement des chondriocontes; elle s'accompagne le plus souvent aussi d'une diminution de chromaticité de ces éléments. Parmi ces fixateurs, les solutions aqueuses concentrées d'acide picrique sont celles qui conservent le mieux le chondriome.

3° Les troisièmes (liquides de Altmann et surtout de Benda et Regaud), c'est-à-dire les méthodes mitochondriales mises en pratique dans ces dernières années fixent aussi

fidèlement que possible le cytoplasme dans la forme qu'il possédait sur le vivant. Avec ces méthodes le cytoplasme conserve généralement son aspect homogène, parfois cependant il offre une tendance à s'alvéoliser. Il prend avec l'hématoxyline ferrique une teinte gris pâle homogène au milieu de laquelle se distingue nettement les chondriocontes colorés en noir foncé; les chondriocontes imprégnés de pigment sont moins chromophiles que ceux qui en sont dépourvus. Le chondriome apparaît toujours sous la forme qu'il montrait sur le vivant; quelques chondriocontes cependant forment des vésicules artificielles. La meilleure fixation a été obtenue par le liquide de Benda, qui cependant pour l'*Iris germanica* s'était montré inférieur au liquide de Regaud (bichromate de potassium, formol).

Avec cette méthode on obtient une fixation aussi parfaite que possible du cytoplasme.

Ces résultats, qui sur plus d'un point sont en désaccord avec ceux de Rudolph, semblent confirmer ceux de Regaud et de Lewisky, qui attribuent à l'alcool et à l'acide acétique une action particulièrement nocive sur le chondriome. Ce sont en effet d'une manière générale les fixateurs renfermant de l'alcool ou de l'acide acétique qui altèrent le plus le chondriome. Nous avons pu nous en assurer d'ailleurs, en montant un fragment d'épiderme dans une goutte d'acide acétique à 3 pour 100, que toutes les mitochondries sont immédiatement transformées en vésicules au contact de la solution. Dans une solution à 5 pour 100, le chondriome est presque entièrement dissous.

Ces résultats nous paraissent susceptibles d'une assez large généralisation; nous ferons toutefois remarquer, que toutes les mitochondries n'ont pas absolument les mêmes caractères histo-chimiques et qu'il en est qui diffèrent dans une certaine mesure des autres par leur caractère de fixation, comme l'ont déjà montré Regaud et Champy. C'est ainsi que, au cours de nos recherches, il nous est arrivé d'observer des mitochondries qui résistent plus que les autres au liquide de Bouin.

Nos recherches sur les cellules épidermiques des pétales de Tulipe confirment donc en leur donnant une très grande précision les données antérieures que l'on possédait sur les caractères des mitochondries vis-à-vis des fixateurs.

Elles démontrent que la plupart des fixateurs employés jusqu'ici bouleversent complètement la structure du cytoplasme en dissolvant le chondriome. Les résidus de cette dissolution (réticules, fines granulations), plus colorables que le cytoplasme fondamental, déterminent, après la coloration, la différenciation de structures artificielles. Seules les méthodes mitochondriales permettent de réaliser une fixation aussi fidèle que possible

du cytoplasme. On conçoit que les mitochondries qui sont les éléments les plus fragiles de la cellule et sont particulièrement sensibles à tout trouble survenu dans l'équilibre osmotique soient aussi les éléments cellulaires les plus difficiles à fixer.

ÉNERGÉTIQUE BIOLOGIQUE. — *Le prix du mouvement chez les invalides et les nouveaux gauchers.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les impotences articulaires de l'appareil locomoteur produisent des suppléances onéreuses dans les articulations voisines; et le mouvement a lieu grâce à l'exercice de groupes musculaires jusque-là au repos. Les moignons d'amputés fatiguent davantage. De même, quoique à un moindre degré, l'activité du *bras gauche* est pénible chez les droitiers, pendant les trois premiers mois en moyenne. Ici, une puissance diminuée, un entraînement insuffisant laisseront subsister de la maladresse et de la lenteur au travail. Là, pour les blessés, ce sont les atrophies, raideurs, et souvent la dégénération nerveuse.

Ayant préconisé, tout au début de la guerre (¹), la *réadaptation* des blessés à leurs métiers, et posé comme principe absolu que *tout amputé du bras droit veut une éducation de son bras gauche*, j'ai cherché à connaître le prix du mouvement, le coût de leur travail, chez un grand nombre de ces invalides.

Les expériences ont porté sur une vingtaine de sujets, à mutilations bien définies, dix amputés de bras, et deux personnes normales dont on compare l'activité des membres supérieurs au point de vue de la fatigue, mesurée expérimentalement. Nous nous bornerons aux données générales.

Méthode d'observation. — La technique a été décrite ailleurs (*loc. cit.*, Chap. X); elle consiste à faire agir le bras sur la *manivelle* du cycle ergométrique, sur une résistance de $2^{kg},500$ et à l'allure de 100 tours par minute. Pour les amputés, le moignon actionne la *gouttière brachiale* du même cycle, le sujet étant, ici ou là, assis sur un tabouret à vis, le bras horizontal au niveau de la manivelle.

Comme dans ces circonstances l'effort est *imposé*, qu'il doit être, de toutes façons, surmonté par le patient, vitesse et temps réglés par l'observateur, je diversifie la

(¹) *Journal de Physiologie et Pathologie* de septembre 1915. Voir les développements dans *Organisation physiologique du travail*, p. 318 et suiv. (Paris, Dunod et Pinat, 1917).

technique : les sujets sont donc, ensuite, mis à travailler à la *lime dynamographique*. On relève ainsi les défauts et la grandeur de leur travail, *volontairement* exécuté.

Quant à la mesure de la fatigue, elle est fournie :

D'une part en déterminant les *échanges respiratoires*, taux de la ventilation en 3 minutes, et consommation d'oxygène correspondante.

D'autre part, en enregistrant les courbes de la pression respiratoire ou *tonogrammes*, au moyen de la soupape à double valve, et les courbes des pulsations cardiaques.

On compare avec *l'état de repos initial*, et l'on compare entre elles les conditions différentes d'activité, soit d'un bras à l'autre, soit du moignon, soit du membre impotent, par exemple une *double ankylose du coude et du poignet droits* (cas de S. C., 22 ans, jeune soldat blessé à l'avant-bras par balle, réadapté depuis au métier de mécanicien).

Conclusions. — En règle générale, les ankyloses totales ou partielles, limitées au poignet ou au coude, entraînent un surcroît de fatigue d'environ 26 à 60 pour 100. Dans un travail volontaire, elles diminuent l'effort de 20 à 40 pour 100, et la cadence des mouvements est réduite de 30 pour 100 en moyenne.

La double ankylose du coude et du poignet abaisse la quantité de travail de 40 pour 100; et si l'on impose l'effort et la cadence, la fatigue augmente de 54 pour 100; les courbes tonographiques et cardiaques sont plus rapides et plus amples; on est frappé d'une véritable tendance à l'essoufflement chez tous les blessés de cette catégorie. Voici, à titre d'indication, quelques chiffres :

	Ventilation pulmonaire par minute.	Oxygène consommé.	Différence.
État de repos....................	$9^{l},50$	$0^{l},285$	
Action sur manivelle :			
Bras droit ankylosé au poignet et au coude (angle de 150°).....	13,95	0,641	$0^{l},356$
Bras gauche valide............	12,30	0,516	0,231

Le rappor

$$\frac{0,356 - 0,231}{0,231} = 54 \text{ pour } 100$$

exprime le gaspillage.

Et quand ce n'est pas un excès de fatigue, c'est un gaspillage de temps, une limitation de la production. On peut estimer que, dans les actes de la vie professionnelle, le prix du mouvement est élevé de 20 à 40 pour 100

au-dessus de sa valeur normale, mais seulement de 5 à 8 pour 100 dans le travail du bras gauche remplaçant le droit. L'objet d'une rééducation ou d'une réadaptation des blessés, conduites scientifiquement, est de compenser ce *déficit inévitable* par l'instruction technique et une organisation rationnelle de l'outillage.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *État colloïdal du camphre dans l'eau en présence de l'huile camphrée. Conséquences biologiques et thérapeutiques.* Note de MM. **H. Bordier** et **G. Roy**, transmise par M. Armand Gautier.

Continuant l'étude des corps qui, émettant des vapeurs à la température ordinaire, passent à l'état colloïdal en présence de l'eau (¹) nous avons été conduits à examiner le camphre et l'huile camphrée.

L'un de nous avait déjà reconnu (²) que ce corps mis en présence de l'eau abandonne des particules ultra-microscopiques et que par conséquent l'eau camphrée n'est pas une vraie solution, puisque le camphre s'y trouve à l'état colloïdal : nos recherches actuelles ont confirmé cette conclusion; c'est ce qui explique le grand désaccord des différents auteurs sur la valeur qu'ils indiquent pour le coefficient de solubilité du camphre dans l'eau.

Nous nous sommes demandé ce que devient le camphre dissous dans l'huile quand on agite celle-ci avec de l'eau ou du sérum artificiel : cette question présente un certain intérêt, car l'huile camphrée est employée depuis quelques années très fréquemment en thérapeutique sous forme d'injections hypodermiques.

Nous nous sommes assurés d'abord que l'huile camphrée examinée à l'ultra-microscope ne donne aucune particule mobile, pas plus d'ailleurs que l'huile d'olive pure en présence de l'eau, si l'on attend que l'émulsion ait complètement disparu.

Mise en présence de l'eau et agitée dans un tube à brome, l'huile camphrée abandonne du camphre, et l'examen du liquide soutiré montre de nombreuses particules ultra-microscopiques; ces particules sont constituées par du camphre et non par de l'huile émulsionnée, car elles ne présentent pas l'aspect de bulles nettement sphériques avec un point obscur au centre que l'on constate sur les plus petites gouttelettes d'huile en émulsion; les

(¹) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 567.

(²) *Société nationale de Médecine de Lyon*, 1er mai 1911, et *Lyon médical*, 1911, p. 174.

particules fines brillantes ont absolument le même aspect que celles qu'on observe dans la pseudo-solution obtenue directement par contact du camphre avec l'eau. D'ailleurs, en traitant par la potasse l'eau agitée avec l'huile camphrée, celle-ci se saponifiant, les gouttelettes disparaissent, mais les grains mobiles persistent : après 4 ou 5 heures ils sont coagulés et réunis en grappes.

Si l'on fait une préparation en mettant une goutte d'huile camphrée sur une lame, puis une goutte d'eau pure et recouvrant d'une lamelle lutée à la paraffine, on constate d'autant plus rapidement que la température est plus élevée l'apparition de particules mobiles qui vont en augmentant à la surface de séparation de l'huile et de l'eau.

Donc l'huile camphrée en présence de l'eau donne une pseudo-solution colloïdale de camphre.

Lorsqu'on emploie au lieu d'eau pure du sérum artificiel à $7^g,5$ de sel pour 1000, on observe les mêmes phénomènes, avec cette particularité que quelques granules de camphre ont une tendance à se grouper par deux ou trois.

Le nombre de particules fournies par l'agitation est beaucoup plus considérable à 37° qu'à la température ordinaire, surtout avec le sérum artificiel; on obtient alors une préparation colloïdale type et, dans ce dernier cas, un groupement des particules après 4 ou 5 heures.

Nous avons cherché la quantité de camphre qu'abandonne l'huile camphrée à l'état colloïdal dans le cas le plus important du sérum artificiel à 37° : on a mis dans un ballon à tubulure inférieure 500^{cm^3} de sérum artificiel à 7,5 pour 1000 et l'on a ajouté 50^{cm^3} d'huile camphrée officinale (1^g de camphre pour 9^g d'huile d'olive) ayant une densité de 0,921 à 15°; il y avait donc $46^g,05$ d'huile camphrée contenant $4^g,605$ de camphre. Ce ballon a été maintenu à 37° pendant 48 heures en agitant de temps en temps; après un repos de 24 heures on a soutiré 336^{cm^3} du liquide inférieur dans un ballon semblable, on a ajouté 25^{cm^3} de benzol et agité le tout de temps en temps pendant 24 heures. Après repos, on a soutiré le liquide qui a perdu l'odeur de camphre, et le benzol observé au polarimètre dans un tube de 20^{cm} a montré une rotation à droite de 43 minutes. Si l'on admet comme pouvoir rotatoire spécifique du camphre en solution peu concentrée dans le benzol la valeur 39°,2 donné par Winther, on trouve que la solution de benzol contenait $0^g,902$ de camphre pour 100^{cm^3}; il y avait donc dans les 25^{cm^3} de benzol $0^g,225$ de camphre. C'est cette quantité qui existait au moins dans les 336^{cm^3} de liquide traités; il y en avait donc

$0^{g},335$ dans les 500^{cm^3} de sérum artificiel mis en contact avec l'huile camphrée.

Toutes ces expériences permettent de se faire une idée juste du sort réservé au camphre de l'huile camphrée administrée par voie hypodermique ; à mesure que l'huile est entraînée dans le plasma sanguin et agitée sous l'influence de la circulation, le camphre se sépare, d'autant plus facilement que la température est en moyenne de 37° (et plus chez les fébricitants) et il passe dans le sang à l'état colloïdal. C'est donc sous cet état que le camphre se trouve, quelque temps après l'injection, dans le plasma sanguin auquel l'huile camphrée avant d'être absorbée a abandonné tout le camphre qu'elle contenait.

Enfin nous pensons que l'action thérapeutique tout à fait remarquable de l'huile camphrée injectée sous la peau tient en grande partie à l'état physique sous lequel le sang amène le camphre au contact des tissus et organes qu'il excite et en particulier le système nerveux et le cœur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la casse blanche des vins.* Note (1) de M. **Fonzes-Diacon**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une étude sur les tannoïdes du vin, titre qui n'avait pas frappé mon attention, M. Laborde avait signalé, avant moi, que la casse blanche des vins est due à la formation, au contact de l'air, d'un phosphate de fer insoluble qui se précipite en entraînant des tannins, des matières protéiques, de la chaux, etc.

Les vins blancs que j'ai examinés étaient fortement atteints de ce défaut; leur vinification avait été effectuée à l'aide d'une solution sulfureuse de phosphate ammonique, laquelle, par son action réductrice et sa forte acidité, facilite l'attaque des parties rouillées de la machinerie et apporte, en outre, un excès de phosphate.

Dans ce milieu réducteur, le fer dissous est à l'état ferreux, mais, l'acide sulfureux s'oxydant à la longue, le phosphate ferrique se forme alors par l'action de l'air, la casse blanche apparaît.

J'ai pu déterminer, dans le dépôt ainsi formé, que le rapport du fer à l'acide phosphorique est celui qui caractérise le phosphate ferrique basique $(P^2O^5)^2(Fe^2O^3)^3$.

Le dépôt, dont la formation est hâtée par l'eau oxygénée, ne renferme

(1) Séance du 16 avril 1917.

que des traces de chaux, et pourtant, à première vue, celle-ci paraît jouer un rôle important dans le mécanisme de la casse blanche.

C'est ainsi que si l'on précipite, dans l'un de ces vins, des quantités croissantes de chaux, sans toutefois atteindre la précipitation totale, à l'aide de l'acide oxalique ou des oxalates, on constate que le trouble provoqué par l'addition d'eau oxygénée va en diminuant d'intensité; il ne se produit même plus lorsqu'une certaine proportion de chaux, en relation avec l'intensité de la maladie, a été éliminée à l'état d'oxalate.

Il semble donc que la chaux est nécessaire à la formation de la casse blanche.

Mais, en étudiant de plus près ce phénomène, j'ai constaté que si la casse blanche ne se manifestait pas dans les vins ainsi traités, c'est parce que la précipitation de la chaux à l'état d'oxalate est gênée par l'acidité naturelle du vin et par l'acide sulfureux que renferment les vins blancs.

Avec l'acide oxalique et l'oxalate de potassium, ce n'est guère que la moitié de la chaux correspondante à la dose employée qui est précipitée; avec l'oxalate d'ammonium, la proportion en est un peu plus élevée.

Or, la présence de ces petites quantités d'acide oxalique libre ou combiné est suffisante pour qu'un nouvel état d'équilibre s'établisse, lequel s'oppose à la précipitation du phosphate ferrique basique, c'est-à-dire qui retarde ou empêche l'apparition de la casse blanche.

Cette casse étant très fréquente dans les vins blancs de qualité inférieure fortement sulfités et traités au noir animal, qui, mal lavé, apporte des phosphates en excès, certains négociants n'ont pas hésité à traiter ces vins par de petites doses d'acide oxalique ou d'oxalate de potassium, le léger trouble qu'ils présentaient à l'air étant attribué à un excès de sel de chaux; à mon avis, dans bien des cas, ces vins n'étaient atteints que d'une légère casse blanche, dont la manifestation était empêchée par la faible quantité d'acide oxalique restant en dissolution. D'autre part, on leur avait affirmé que ces produits toxiques s'éliminaient en totalité du vin ainsi traité sous la forme d'oxalate insoluble de calcium, fait dont j'ai démontré ailleurs l'inexactitude.

Cette pratique dangereuse, aujourd'hui abandonnée, était complétée par une addition d'acide citrique, spécifique de la casse blanche, mais qui, à lui seul, n'était pas toujours capable de guérir des vins fortement atteints de ce défaut. J'ai constaté, en effet, qu'une dose de 2^g d'acide citrique n'était pas suffisante pour empêcher la casse blanche de se manifester dans

un vin vinifié à l'aide d'une solution sulfureuse de phosphate ammonique, alors que la loi en limite l'emploi à 0,50 par litre.

En résumé, la vinification moderne par les solutions sulfureuses de phosphate d'ammoniaque prédispose les vins, et notamment les vins blancs qui en exigent de plus fortes proportions, à la casse blanche ou phosphatée ferrique.

La manifestation de ce défaut peut être atténuée ou empêchée par l'acide citrique, dont la dose légale sera parfois insuffisante, et par l'acide oxalique ou les oxalates, produits toxiques ne s'éliminant pas en totalité et dont l'emploi est d'ailleurs interdit par la loi.

BACTÉRIOLOGIE. — *Un microbe nouveau,* Mycobacillus synovialis, *causant chez l'Homme une maladie évoluant comme le rhumatisme articulaire.* Note de MM. **A. Chantemesse, L. Matruchot** et **A. Grimberg**, présentée par M. J. Costantin.

Le rhumatisme articulaire aigu comprend dans sa pathogénie tant de formes et de causes diverses, qu'il nous a paru intéressant de signaler le fait suivant, que nous avons observé, où l'évolution de la maladie s'est déroulée comme une attaque de rhumatisme articulaire aigu avec endocardite, terminée par une poussée d'encéphalopathie, et qui a été provoquée par une infection sanguine, due à un microbe non encore décrit pouvant être classé entre le groupe des Bactériacées proprement dites et les Champignons.

Examen histologique. — A l'examen histologique, le foie, les surrénales, les reins, la thyroïde, ne montrent rien d'anormal; mais au niveau des plaques d'endocardite on observe, par la double coloration à la thionine-éosine, de nombreux bâtonnets courts, isolés ou en chaînes, entre les couches de fibrine. Dans l'encéphale, la pie-mère se présente épaissie par endroits. Au niveau des épaississements on retrouve des micro-organismes en bâtonnets. La substance corticale présente quelques points de ramollissement microscopique, où l'on voit de nombreux bâtonnets.

Cultures. — L'ensemencement du liquide du ventricule cérébral a permis l'isolement d'un micro-organisme, présentant les mêmes formes que celui trouvé dans les coupes. Il se laisse cultiver facilement dans les milieux usuels.

Caractères des cultures. — *Bouillon.* — 6 à 8 heures après l'ensemencement, trouble léger du bouillon; après 24 heures, le bouillon à peine trouble présente à sa surface

un voile consistant se dissociant très difficilement, d'abord mince et plat, mais s'épaississant constamment et à surface de plus en plus ridée; son bord n'adhère pas au vase.

Bouillon glucosé. — Ne fermente pas.

Lait. — Coagule après une dizaine de jours et digère le caillot. En surface, apparaît un pigment rose saumon caractéristique.

Pomme de terre. — Colonies abondantes, avec pigment rose saumon.

Carotte. — Pousse bien. Colonies visqueuses, globuleuses.

Gélose. — Pousse bien. Colonies en « montagnes de glace », rondes, très plissées, sèches et incrustées dans la gélose, de laquelle on ne les détache qu'avec difficulté.

Gélose Sabouraud-glucose. — Pousse très bien. Colonies abondantes en « montagnes de glace ». Exsudat de gouttelettes visqueuses formées d'une bouillie de micro-organismes.

Étude microscopique. — Ce micro-organisme pousse le mieux à l'air, mais il peut vivre aussi à l'état d'anaérobie.

Dans les cultures très jeunes, c'est un bâtonnet mince, court, parfois légèrement incurvé, très mobile, progressant par des oscillations, prenant le Gram.

Dans les cultures de 6 à 8 heures, il est un peu plus gros et surtout plus long. Il arrive à avoir plusieurs fois sa longueur initiale; les mouvements deviennent plus lourds, la progression se fait par un mouvement spirillaire. On observe à ce stade des formes en accent circonflexe, progressant par rotation autour de la pointe de l'angle. A aucun stade nous n'avons réussi à colorer d'une manière évidente des prolongements ciliaires.

Dans les cultures âgées et surtout au contact de l'air, le microbe prend l'aspect filamenteux et présente des formes ramifiées. Ce sont de longs articles cloisonnés, çà et là ramifiés, enchevêtrés en tous sens, non mobiles, d'un diamètre légèrement variable, mais toujours grêle. Certaines parties du filament prennent le Gram, d'autres non. Ces dernières ne prennent pas les colorants acides et ne prennent que faiblement les colorants basiques.

Dans les cultures âgées, il se forme des spores par enkystement partiel. Le filament qui va sporuler se fragmente en bâtonnets qui restent bout à bout ou se désarticulent. Dans la partie moyenne de chaque bâtonnet il apparaît une zone plus réfringente qui ne prend pas les colorants basiques. La partie centrale du bâtonnet se renfle, le protoplasme médian s'y condense et, quand la spore est formée, elle se présente sur le vivant comme un espace clair, fortement réfringent, au centre d'un élément en *navette* dont les pôles

n'ont pris aucune part à l'enkystement. La spore est facile à colorer par le Ziehl à chaud après l'action de l'acide chromique. Elle est résistante à la chaleur et peut germer même après avoir subi une température de 90° pendant une demi-heure.

On voit que, si le micro-organisme que nous étudions ici peut présenter un véritable mycélium, comme on l'observe dans les *Actinomyces* et formes voisines, il diffère profondément des Actinomycètes (ou Micromycètes) par le mode de formation des spores. Au lieu d'être, comme dans un *Actinomyces* ou un *Nocardia*, disposées en chapelet terminal, les spores, qui sont ici de véritables kystes comme chez les Bactériacées, naissent solitaires, à raison d'une par article.

Le micro-organisme dont nous faisons ici l'étude présente donc des affinités, d'une part avec les bacilles vrais, d'autre part avec les champignons micromycètes. Nous proposons d'en faire le type d'un genre nouveau, sous le nom de *Mycobacillus*, qui rappelle cette double affinité. Nous le dénommons *Mycobacillus synovialis*, pour rappeler son origine et ses réactions cliniques et expérimentales.

Depuis quelques années on cherche à distraire du groupe des Bactériacées vraies, pour en faire un groupe à part, les formes qui ont une tendance plus ou moins marquée à la ramification : ainsi le *Corynebacterium* de la diphtérie, le *Mycobacterium* de la tuberculose, apparentés au genre *Bacterium*. Le *Mycobacillus synovialis* est le premier exemple d'une forme filamenteuse ramifiée apparentée au genre *Bacillus*.

Inoculations. — Nous avons cherché à reproduire expérimentalement sur les animaux la maladie observée chez l'homme.

Sur le *lapin*, par l'injection dans la veine marginale de l'oreille de 2^{cm^3} à 3^{cm^3} d'une culture jeune en bouillon, nous avons déterminé, chez plusieurs individus jeunes, des *arthrites* nettement caractérisées par un gonflement très marqué et par la raideur persistante de la patte. Chez deux de ces lapins, nous avons trouvé des *végétations molles et récentes de l'endocarde.*

Nous avons obtenu, de même, un gonflement très accusé des pattes antérieures chez un cobaye, une semaine après l'introduction dans son péritoine d'un sac de collodion rempli d'une culture en bouillon.

Chez presque tous les animaux inoculés nous avons observé de la *diarrhée* à un certain moment de la maladie.

Quand la dose injectée est considérable, l'animal meurt assez rapidement. Au contraire, à une dose faible et surtout chez l'animal jeune, on détermine simplement des manifestations morbides. La maladie expérimentale ne paraît pas progressive et généralisée. Après l'atteinte d'une jointure, les autres jointures ne se prennent pas. La guérison des arthrites est complète, ne laissant aucune raideur.

L'ensemencement du liquide des jointures malades nous a donné deux fois une culture pure du microbe.

En résumé, il s'agit ici d'une forme humaine de rhumatisme articulaire aigu, évoluant avec des symptômes très rapprochés de ceux de la maladie classiquement décrite sous ce nom, avec ses traits essentiels : fièvre, arthropathie, endocardite, encéphalopathie terminale. Quel est le degré de parenté qui existe entre la forme classique et les symptômes que nous avons observés en ce qui concerne la cause de l'affection, c'est ce que nous ne pouvons déterminer. Les septicémies s'accompagnant de manifestations inflammatoires des séreuses articulaires et autres ne sont pas rares. Dans le groupe de ces affections, il nous a paru que le type que nous décrivons mérite sa place. Il la mérite encore par sa cause originelle, puisqu'il est produit par un microbe d'un genre jusqu'ici inconnu, qui doit siéger, dans la classification botanique, entre les Bactériacées et les Micromycètes.

A 16 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures et quart.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 16 avril 1917.)

Note de M. *Armand Gautier*, Sur l'activation, par les composés organo-métalliques de l'arsenic, des propriétés curatives de la quinine et du mercure :

Page 591, dernière ligne, supprimer l'expression « médicament d'origine germanique ». — On sait que l'arsénobenzol est bien venu d'Allemagne, mais le novarsénobenzol est exclusivement fabriqué par une de nos principales maisons françaises de produits chimiques.